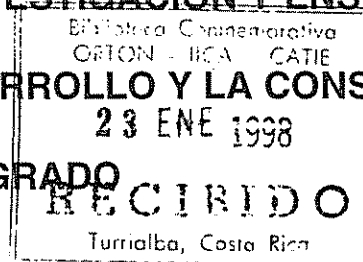


**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**

**ESCUELA DE POSTGRADO**



**ELEMENTOS ECOLOGICOS PARA LA SILVICULTURA DE Quassia amara  
EN TALAMANCA, COSTA RICA**

**POR**

**LILIBETH SILVIA LEIGUE ARNEZ**



Turrialba, Costa Rica

1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSTGRADO

Biblioteca Conmemorativa

23 ENE 1998

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

*1/* ELEMENTOS ECOLÓGICOS PARA LA SILVICULTURA DE *Quassia*  
*amara* EN TALAMANCA, COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

*Magister Scientiae*

*por*

LILIBETH SILVIA LEIGUE ARNEZ

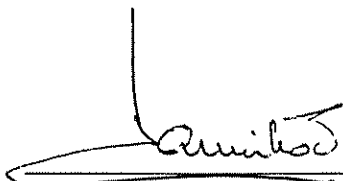
/

Turrialba, Costa Rica  
1997

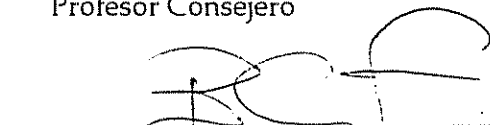
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor de la estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*


FIRMANTES :



Ph. D. Daniel Marmillod  
Profesor Consejero




Ph. D. Bryan Finegan  
Miembro Comité Asesor



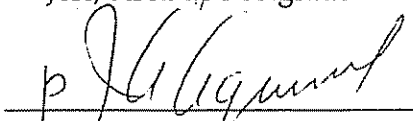
Ph. D. Rodolfo Palazar  
Miembro Comité Asesor



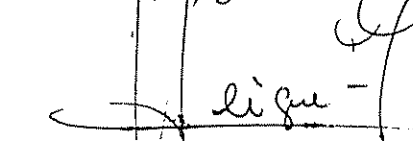
Ing. M. Sc. Roger Villalobos  
Miembro Comité Asesor



Ph. D. Juan Antonio Aguirre  
Jefe, Area de Postgrado



Ph. D. Markku Kanninen  
Director, Programa de Enseñanza



Lilibeth Silvia Leigue Arnez  
Candidata

A Ella

A mis padres e hijo

/

## AGRADECIMIENTO

Al Overseas Development Administration y gobierno británico por financiar mis estudios en este centro.

A la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba y Centro de Tecnología Agroindustrial por su patrocinio.

Al Dr. Daniel Marmillod por su conducción, enseñanza, apoyo y paciencia.

A los Drs. Bryan Finegan y Rodolfo Salazar, miembros del comité asesor, por sus recomendaciones y colaboración.

Al Ing. M. Sc. Roger Villalobos por su constante apoyo, sus consejos y amistad.

Al Proyecto Olafo y su personal por el apoyo financiero y logístico prestado a las objetivos de este trabajo, en particular a Yorleni Chang y Juan Carlos Barrantes por su guía y solidaridad.

A la comunidad indígena de la Reserva de Kéköldi, por su acogida, y efectiva participación.

Al Jefe y personal del Banco de Semillas Forestales por su colaboración, en particular al Sr. Alfonso Gonzales por su aporte de experiencia, tiempo y amistad.

Al Sr. Hugo Brenes por su activa contribución en el procesamiento de los datos.

Al Dr. Francois Garneau y su efectiva colaboración a distancia.

A todos los amigos y funcionarios del Catie, que de alguna manera contribuyeron a los frutos de esta investigación.

Al personal de Postgrado por su estímulo y apoyo.

A mis compañeros de promoción, y amigos de la promoción 97-98 cuyo afecto y solidaridad renovaron mi motivación. En especial a Roberto, Anita y Mireya, por su amor, apoyo y entrega.

A mis padres, hijo y familia que apoyaron mi inquietud de abrir nuevos horizontes.

Al pueblo de Turrialba y a Costa Rica, por habernos dado un hogar y una familia por dos años.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 El manejo sustentable del bosque	5
2.2 Fenología de las especies forestales tropicales e influencia del clima	6
2.3 El crecimiento	8
2.4 Regeneración natural en especies forestales tropicales	9
2.5 Las semillas de especies tropicales	10
2.6 <i>Quassia amara</i>	11
2.6.1 Descripción	11
2.6.2 Distribución	12
2.6.3 Condiciones de sitio	13
2.6.4 Aspectos fenológicos	14
2.6.5 Propagación	15
3. MATERIALES Y METODO	17
3.1 Localización	17
3.1.1 El estudio fenológico en población natural	17
3.1.2 Las parcelas de medición permanente	17
3.2 Materiales y equipo	18
3.2.1 Material vegetal en pruebas de laboratorio y campo	18
3.2.2 Infraestructura	19
3.2.3 Equipos y herramientas	19
3.2.4 Otros medios utilizados	19
3.3 Metodología	20
3.3.1 El estudio fenológico en población natural	20
3.3.1.1 La determinación de la estacionalidad	20
3.3.1.2 Diseño del estudio	21
3.3.1.3 Variables	22
3.3.1.3.1 Clases diamétricas	22
3.3.1.3.2 Topografía	22
3.3.1.3.3 Iluminación	23
3.3.1.4 Diseño experimental	25

3.3.1.5	Evaluaciones	25
3.3.1.6	Periodicidad de las evaluaciones	29
3.3.1.7	Análisis de los resultados	30
3.3.2	La valoración de la calidad fisiológica de la semilla	31
3.3.2.1	La investigación en laboratorio	31
3.3.2.1.1	Caracterización del material	33
3.3.2.1.2	Las pruebas de germinación	33
3.3.2.1.3	Las pruebas de deshidratación	34
3.3.2.1.4	Los tratamientos pregerminativos	35
3.3.2.1.5	La uniformización	35
3.3.2.1.6	La conservación	36
3.3.2.1.7	El análisis de los resultados	36
3.3.2.2	La germinación en bosque	37
3.3.2.3	El análisis de los resultados	38
3.3.3	El crecimiento	38
3.3.3.1	La determinación de la estacionalidad	39
3.3.3.2	Las variables en estudio	39
3.3.3.3	Las evaluaciones	39
3.3.3.4	El análisis de los resultados	40
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1	La determinación de la estacionalidad	41
4.2	La población natural	45
4.2.1	La actividad reproductiva	46
4.2.2	Duración de la actividad reproductiva	50
4.2.3	El crecimiento	53
El incremento diamétrico		53
El incremento en altura		56
La relación diámetro-altura		58
Análisis de copas		59
4.3	Parcelas permanentes	60
4.3.1	Comparación entre población natural y plantaciones	66
4.4	Valoración de la calidad fisiológica de la semilla	67
4.4.1	Caracterización de frutos y semillas	68
4.4.2	Pruebas de germinación por color	71
4.4.3	Heterogeneidad del material	75
4.4.4	Influencia de la iluminación	76
4.4.5	Los tratamientos pregerminativos	76
4.5	Evaluación de la germinación en bosque	79
4.5.1	La población inicial	80
4.5.2	La nueva población y los sobrevivientes	81
5.	CONCLUSIONES	85
6.	LITERATURA CITADA	87
	ANEXOS	93

LEIGUE A., L. 1997. Elementos ecológicos para la silvicultura de *Quassia amara* en Talamanca, Costa Rica. Tesis M. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

**Palabras claves:** *Quassia amara* L., silvicultura, ecología, fenología, semillas recalcitrantes, germinación, productos no maderables, Talamanca, Costa Rica.

## RESUMEN

El "Hombre grande" (*Quassia amara* L.), es una especie no maderable de los bosques tropicales que se ha identificado con enorme potencial por sus capacidades como planta medicinal y biocida natural.

El proyecto "Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central", Olafo, dentro del Programa de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales del CATIE, ha estado ejecutando desde 1989 investigaciones destinadas a formular un plan de manejo que permita el aprovechamiento del recurso dentro los sistemas productivos de las comunidades de la región.

Como parte de las investigaciones que sustentan tal plan se diseñó el presente trabajo sobre actividad reproductiva, calidad fisiológica de la semilla para multiplicación, germinación en el bosque, y crecimiento en relación a dos variables de condición de sitio: iluminación y topografía más una variable de condición del individuo: el tamaño. El estudio tuvo una duración de 14 meses y se efectuó en población natural en la Reserva Indígena de Kéköldi, cuyo comportamiento fue comparado con plantaciones localizadas en San Miguel de Sixaola y San Rafael de Bordón, en la región de Talamanca en la zona noreste de Costa Rica.

Se estableció que la capacidad reproductiva de un individuo de *Quassia amara* se incrementa a medida que su tamaño es mayor. La exposición de la planta a la luz aumenta la producción de flores y frutos, pero no influye sobre la fertilidad de las semillas. La ubicación topográfica de un arbusto de cuasia no se observó que influyera sobre la magnitud de la floración ni de la fructificación, pero si afectó el crecimiento estimado por el incremento en diámetro; siendo desfavorable la posición ladera. En cuanto al crecimiento estimado por el incremento en altura, éste fue favorecido por la iluminación.

Se constató que tanto frutos negros como verdes poseen capacidad germinativa y los porcentajes de germinación de las semillas, de carácter recalcitrante, así como su aptitud para la conservación se incrementan con la madurez y aplicación de tratamientos pregerminativos como el despulpado. La exposición de las plantas madre a la luz no influyó significativamente sobre la germinación, tanto en las pruebas de laboratorio como en las de bosque.

A consecuencia de los resultados obtenidos se discuten actividades silviculturales destinadas a propiciar la regeneración natural y la producción de flores y frutos en plantas madres identificadas para este fin, así como periodos de referencia para su ejecución.



LEIGUE A., L. 1997. Ecological elements for silviculture of *Quassia amara* in Talamanca, Costa Rica. Thesis M. Sc., Turrialba, C. R., CATIE.

**Key words:** *Quassia amara* L., silviculture, ecology, phenology, recalcitrant seeds, germination, non-wood products, Talamanca, Costa Rica.

## SUMMARY

The *Quassia amara* L. (Hombre grande) is a non-wood product from the tropical forests, identified with enormous potential, due to its capacity as curative plant and natural biocide.

The Project for Conservation and Sustainable Development in Central America (Olafo), within CATIE's Natural Resource Management and Conservation Program, has been carrying out since 1989, different researches intended to formulate management plans allowing the utilization of resources within the productive systems used by the communities of the region.

This study was designed as part of the research that supports this plan, concerning reproductive activity, seed physiological quality for its multiplication, forest germination and growth, in relation with variables on site conditions: illumination and topography, in addition to an individual condition variable: size. The study was carried out during 14 months, in a natural population in the Indigenous Reserve of Kéköldi, its behavior was compared to plantations located in San Miguel, Sixaola and San Rafael, Bordón, in the region of Talamanca, on the north-east zone of Costa Rica.

It was established that the reproductive capacity of a *Quassia amara* individual is increased, as its size is larger. The plant's exposure to illumination increases flower and fruit production, but doesn't have an influence on seed fertility. The topographic location of a "cuasia" bush wasn't observed to have an influence on the magnitude of the flowering or fructification, but it did affect the estimated growth by diameter increase ; slope position is unfavorable. In relation with the estimated growth by height increase, illumination benefited it.

It was verified that black fruits as well as green ones, have germinative capacity and the seed's (of recalcitrant character) germination percentage and its aptitude for conservation are increased with the maturity and application of pre-germinative treatments, such as the dispulp. Laboratory tests, as well as tests held in the forests, showed that exposing mother plants to illumination, didn't have significant influence on germination.

As consequence of the results, silvicultural activities were discussed, with the intention to support natural regeneration and flower and fruit production in mother plants identified for this cause, as well as reference periods for its execution.

## LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Parcelas permanentes de control de <i>Quassia amara</i> en Talamanca, Costa Rica	18
Cuadro 2.	Diseño experimental propuesto/controlado para el estudio fenológico en Kéköldi, Talamana Costa Rica	26
Cuadro 3.	Vectores de precipitación en Puerto Vargas, prov. Limón, Costa Rica.	41
Cuadro 4.	Vectores de precipitación en Sixaola, prov. Limón, Costa Rica	42
Cuadro 5.	Vectores de precipitación en Penhurst, prov. Limón, Costa Rica	43
Cuadro 6.	Distribución de individuos que florecen, en número y porcentaje, por clase diamétrica y categoría de iluminación	47
Cuadro 7.	Duración de floración y fructificación de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, en función de la iluminación.	51
Cuadro 8.	Duración de floración y fructificación de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, en función del tamaño	51
Cuadro 9.	Resumen de resultados en parcelas permanentes y población natural en Talamanca, Costa Rica	62
Cuadro 10.	Germinación de semillas de <i>Q. amara</i> con tratamientos pregerminativos	77
Cuadro 11.	Análisis de varianza de la regeneración inicial en parcelas de germinación de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	80
Cuadro 12.	Análisis de varianza de semillas emergidas en parcelas de germinación de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	81
Cuadro 13.	Análisis de varianza de la población sobreviviente en parcelas de germinación de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	82
Cuadro 14.	Factores imperantes en las parcelas de germinación en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	83

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Brillo solar promedio en horas por día en la región de Talamanca y puerto Limón, Costa Rica	44
Figura 2	Distribución de individuos activos e inactivos por clase diamétrica y categoría de iluminación	46
Figura 3	Producción promedio de flores y frutos por individuo, en función de la categoría de iluminación.	48
Figura 4	Producción promedio de flores y frutos por individuo, en función de la clase diamétrica.	49
Figura 5	Duración media de la actividad reproductiva de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, Costa Rica.	52
Figura 6	Efecto de la iluminación sobre el incremento diamétrico medio de individuos activos y no activos de <i>Quassia amara</i> en Kéköldi	54
Figura 7	Efecto de la ubicación topográfica sobre el incremento diamétrico medio de individuos activos de <i>Quassia amara</i> en Kéköldi	55
Figura 8	Efecto de la iluminación sobre el incremento medio en altura de individuos activos y no activos de <i>Quassia amara</i> en Kéköldi.	57
Figura 9	Coefficiente de esbeltez, edad e iluminación de las parcelas permanentes en Talamanca, Costa Rica.	64
Figura 10	Incremento diamétrico de 1er y 2do año de crecimiento en parcelas de <i>Quassia amara</i> en función de la iluminación, en Talamanca, Costa Rica	64
Figura 11	Incremento en altura en función de la iluminación, en parcelas de <i>Quassia amara</i> en Talamanca, Costa Rica.	65
Figura 12	Promedios y límites de confianza en medición de semillas verdes y negras de <i>Quassia amara</i> , procedentes de Kekoldi, Talamanca, Costa Rica	69

Figura 13	Frutos (a), semilla (b), corte transversal de la semilla (c), semillas de <i>Quassia amara</i> en diferentes etapas de la germinación (d) y plántula (e).	70
Figura 14	Color de semillas de <i>Q. amara</i> procedentes de Kéköldi, en relación a su desarrollo y capacidad de germinación.	73
Figura 15	Proceso de germinación en bosque de semillas de <i>Q. amara</i> en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	74
Figura 16	Procesamiento en laboratorio de frutos verdes de <i>Q. amara</i> colectados en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.	78

## 1. INTRODUCCION

*“ Hoy en día, la silvicultura ve al bosque como un ecosistema, y se plantea la tarea de dirigir todos los procesos biológicos en condiciones de estabilidad ecológica y manejar su producción y su regeneración, de modo que éste conserve la capacidad de satisfacer de forma sostenida todas las demandas que le son hechas, es decir permanentemente y con racionalidad económica ”*

Hans Leibundgut (1985)

Una de las causas de la deforestación, y por ende, de la pérdida de biodiversidad es la sobreexplotación maderera unida a la pobre valoración que se hace de los productos no maderables del bosque. Los campesinos, en general, no son los que explotan la madera, por tanto, ellos obtienen muy pocos beneficios en esta actividad. Entonces, al hablar del freno a la deforestación, se enfrenta como problema principal la escasa valorización del bosque, sus productos y sus servicios (Budowski 1995).

Los productos no maderables son una parte integral de la estrategia de sobrevivencia y desarrollo, para el mantenimiento adecuado del bienestar y nivel de vida del hombre, y de flora y fauna nativas. Aunque generalmente son considerados como subproductos forestales, su potencial económico, tanto monetario como en términos de uso, es a menudo desconocido o inapreciado por sus manejadores.

*Quassia amara*, comúnmente conocida como “hombre grande” es una especie no maderable que permite valorizar el bosque; como una de las muchas alternativas de productos distintos de la madera que han surgido en los últimos años. El interés en ella se incrementó desde hace casi una década (Ocampo 1995), debido a que la parte leñosa tiene un uso difundido con fines medicinales además de haberse establecido su utilización como insecticida natural. Sin embargo, y a pesar de que esta especie tiene usos populares ancestrales (Kent 1995) no cuenta todavía con un paquete tecnológico para su producción. Esto se debe a que la especie a pesar de que no se resiste a la domesticación, aún sigue siendo un poblador neto del bosque. Adicionalmente, y dentro una óptica de

valoración del bosque tropical, el manejo silvicultural de *Quassia amara* dentro su ambiente natural, se presenta como una opción productiva dentro del marco de la sostenibilidad.

El proyecto "Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central", Olafo, ha estado ejecutando desde 1989 investigaciones destinadas a evaluar el potencial de cuasia dentro los sistemas productivos de las comunidades de la región, pretendiendo formular un plan de manejo que permita el aprovechamiento del recurso con base en el uso integral y sostenible del bosque (Marmillod *et al* 1995).

Los trabajos desarrollados al presente han determinado que la especie se distribuye ampliamente en la región centroamericana, obedeciendo a condiciones ambientales favorables para su crecimiento (Villalobos 1995). La evaluación de estas condiciones, como un instrumento de planificación del aprovechamiento, puede contribuir de una manera efectiva al desarrollo de los criterios de manejo a ser utilizados por las comunidades.

Las especies vegetales cuya calidad de producto es dependiente de la síntesis de metabolitos secundarios, y no solamente de la producción de biomasa, requieren de la definición de las condiciones más favorables para ambos procesos. En el caso de cuasia, los resultados de las investigaciones muestran marcadas diferencias entre grupos de poblaciones y localidades; en cuanto a la abundancia de regeneración dependiendo del ambiente y tipo de bosque (Ling 1995), y a nivel de calidad las pruebas biológicas indican diferencias de contenidos de principios activos entre partes de un mismo individuo que se desarrollaron bajo diferentes condiciones de luz (Cáceres *et al* 1995). Estas diferencias y preferencias de ambiente dentro del bosque, permiten suponer que es posible tener varias calidades de materia prima, así como se puede seleccionar sitios favorables al crecimiento con fines de aprovechamiento.

Para poder determinar la magnitud de estas relaciones, se propuso la realización de un trabajo de investigación que determine la influencia de condiciones de sitio como la iluminación y topografía con la actividad fenológica, particularmente la reproductiva; con

la calidad de semilla para la multiplicación, con la germinación en bosque como la primera etapa en la regeneración natural, y el crecimiento natural. Adicionalmente se propuso el análisis de las características climatológicas de la región, como una base para el establecimiento de la ocurrencia de los eventos fenológicos en relación a ellas.

Las investigaciones se efectuaron en la población natural de cuasia dentro la Reserva Indígena de Kéköldi, y parcelas de medición permanente establecidas por el proyecto Olafo en la misma reserva y las localidades de San Rafael de Bordón y San Miguel de Sixaola.

El objetivo general de la investigación fue contribuir a la silvicultura de *Quassia amara*, específicamente sobre aspectos biológico reproductivos, de calidad de semilla y de crecimiento.

Este objetivo principal se formuló por el alcance de tres objetivos específicos:

- La determinación de la variación del comportamiento fenológico reproductivo de individuos de *Quassia amara*, en poblaciones naturales, en función de la topografía, la iluminación y el tamaño.
- La determinación de la calidad fisiológica de la semilla de *Quassia amara* en función de las condiciones de sitio de las plantas madre.
- La cuantificación del crecimiento de individuos bajo las condiciones de sitio en estudio

La planificación de la investigación se basó sobre la formulación de las siguientes hipótesis:

1. El tamaño de un individuo de *Quassia amara*, incide sobre su capacidad reproductiva.

2. Existe una relación entre las condiciones de sitio y la actividad fenológica en *Q. amara*. Esta hipótesis se desglosa en dos individuales:

- El nivel de exposición a la luz de un arbusto en capacidad reproductiva incide sobre la magnitud de su floración, producción de frutos y semillas fértiles.
- La ubicación topográfica de un arbusto de cuasia incide sobre la magnitud de su floración, producción de frutos y semillas fértiles.

3. La calidad fisiológica y aptitud para la conservación de la semilla de *Q. amara* varían en función del grado de madurez del fruto cosechado y las condiciones de sitio de la planta madre.

4. Existe una relación entre las condiciones de sitio y el crecimiento de individuos de *Q. amara*.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El manejo sustentable del bosque

Una de las premisas actuales, en cuanto al mantenimiento y renovación de los recursos forestales está basada sobre la sostenibilidad. Las pretensiones de sostenibilidad son virtualmente imposibles de alcanzar a no ser que se reúnan suficientes conocimientos sobre la ecología y silvicultura de los bosques tropicales, que permitan proteger funciones, ecosistemas y biodiversidad, y que no sólo busquen los beneficios de la explotación de la madera. Desde este punto de vista se adquieren responsabilidades de orden técnico y social para garantizar la permanencia del recurso (Putz 1994).

A este propósito la silvicultura tropical viene a definir la teoría y práctica de la manipulación de ciertas especies forestales de interés. Según Hutchinson (1993), la tarea de un silvicultor consiste en analizar los factores que afectan al bosque y, en sus recomendaciones, relacionarlos con la economía.

De acuerdo a los criterios de Marmillod *et al.* (1995), el agricultor silvicultor trabaja hoy para cosechar dentro de algunos años, y consideran imprescindible efectuar reflexiones acerca de lo que puede producir con buenas posibilidades de venta futura. Acorde con esta premisa, y en base a la experiencia ganada en el proceso de definición del sistema básico de aprovechamiento sostenible de cada nuevo recurso forestal (Ling *et al* 1996) se ha conformado una metodología de incorporación de recursos no maderables en sistemas de manejo del bosque; ésta consta de cinco pasos: acercamiento inicial a la especie, desarrollo de las herramientas suficientes para caracterizar la estructura poblacional de la especie, desarrollo de las herramientas suficientes para estimar el producto cosechable en una población, desarrollo de una propuesta de sistema silvicultural y diseño de un plan de aprovechamiento sostenible de la especie dentro de una unidad de manejo. El mismo autor indica que cada fase comprende procedimientos diferentes para cada especie, dadas sus diferencias en cuanto al producto cosechado,

habito de crecimiento, biología reproductiva y nicho ecológico; pero es común que las actividades iniciales se prolonguen ya que implican observaciones fenológicas y de crecimiento, estudios biológicos complementarios, estudio de poblaciones cercanas u observación del comportamiento en áreas mayores.

## 2.2 Fenología de las especies forestales tropicales e influencia del clima

La dinámica vegetal permite apreciar un aspecto interesante y muchas veces espectacular en el bosque, los cambios de una temporada a otra durante el año; debido a la fenología de las plantas (Dugant 1978). Esto se traduce en fenómenos visibles que se acomodan a cierta periodicidad relacionada con el clima del lugar y que le confieren un ritmo particular llamado ritmo fenológico. Cada especie tiene su propio ritmo (Duranton 1978), el que puede ser producto de las relaciones entre factores endógenos, exógenos, y su control durante el desarrollo del árbol (Borchert 1980).

Fournier (1978) manifestó que el registro de la variación de las características fenológicas de los árboles es de suma importancia, no sólo en la comprensión de la dinámica de las comunidades forestales, sino también como un indicador de la respuesta de estos organismos a las condiciones climáticas y edáficas de una zona. La comparación entre ciclos fenológicos permite establecer el desarrollo de las principales funciones de las fases reproductivas y vegetativas (Duranton 1978).

Para Huguet del Villar (1978), en las plantas fanerófitas, o en la fase fanerófito de las demás, la fenología puede afectar a los órganos vegetativos, las ramas y hojas; a los reproductivos y sus funciones: prefloración, floración, polinización, fecundación, fructificación y diseminación; la fenología de la ramificación da lugar en las plantas leñosas a la distinción entre frútices y sufrútices. En los primeros, las ramas del año permanecen en los siguientes revistiéndose de un ritídoma; mientras que en los sufrútices la parte inferior ritidomizada da ramas que mueren con el año y son sustituidas por otras nuevas en el ciclo siguiente. La fenología de las hojas origina la distinción entre las perennifolias y caducifolias.

Es frecuente encontrar también variaciones estacionales importantes en los contenidos de principios activos en las especies que los poseen, como es el caso de los amargos de *Cinchona* y *Genziana* (Franz 1990).

Un aspecto particularmente importante en el bosque tropical húmedo lo presentan muchas especies que compiten por la luz. Las diferencias en la posición relativa de las copas de varias especies forestales influyen en la formación de yemas vegetativas, iniciación de la floración, así como el cese de crecimiento, además de determinar la alternancia de ciclos fenológicos (Borchert 1983).

Las fases fenológicas mayores, en grupos, pueden ser determinadas en función de su interpretación eco-meteorológica (Duranton 1978), y basada sobre el análisis de los datos disponibles concernientes al ambiente: pluviosidad, balance hídrico, régimen térmico, fotoperíodo, a fin de evidenciar los factores ecológicos discriminantes del comportamiento fenológico de las especies. Para algunos tipos de bosque, se ha reportado, que los mayores picos de floración ocurren durante o al final de la estación seca; en el bosque húmedo los árboles del dosel superior son los que tienen el pico de floración antes que los de los estratos inferiores, y esta situación tiende a ser más marcada en los bosques secos (Ewusie 1992).

Indudablemente la fenología arbórea en los bosques tropicales húmedos de tierras bajas es tan compleja como él mismo, tal como lo expresan Newstrom *et al* (1994), ya que presenta patrones complejos altamente diversos e irregulares, y requiere de la formulación de nuevas formas de clasificación y estructura conceptual basadas en criterios primarios como frecuencia en series de tiempo explícitas y amplitud de escalas de modo que las secuencias temporales irregulares resalten. Esto destaca un sistema de clases subsidiario basado en otros descriptores cuantitativos como regularidad, duración, amplitud, fechas y sincronía.

### 2.3 El crecimiento

En un estudio en bosque semi-decíduo del Noroeste de Costa Rica, en 12 de 25 especies estudiadas en bosques altos el crecimiento se produjo durante la época de lluvias (Daubenmire 1972); lo que es coincidente con lo manifestado por San Román (1982), para un bosque secundario premontano muy húmedo en Turrialba: donde encontró que la brotación está asociada en un 61% a la precipitación, la evaporación, el brillo solar y la temperatura máxima, las dos primeras positivas y las dos últimas negativas.

Por otra parte, Huxley y Van Eck (1974) afirman que dentro el bosque tropical pueden presentarse ritmos estacionales de crecimiento y desarrollo de la vegetación como conjunto. Algunas especies pueden mostrar brotes activos, florecer y fructificar todo el año pero otras exhiben una periodicidad de crecimiento y floración; inclusive algunas veces sectores de la copa presentan diferentes periodicidades; todas estas variaciones influidas también por el clima. Sin embargo, en los trópicos los cambios de temperatura son muy pequeños, por lo que la humedad se convierte en el factor más importante; siendo posible distinguir climas tropicales marcadamente diferentes en cuanto a la estacionalidad de las lluvias (Breitsprecher y Bethel 1990). Este fue el criterio básico que utilizó Aubreville (1961), para formular la metodología para definir ecoclimas, en el entendido de que la distribución y número de especies de las poblaciones vegetales están fuertemente influenciadas por las variaciones de éste.

Un otro factor de importancia en el crecimiento hace referencia a la posición de la copa y el estrato que ocupa la especie en la estructura del bosque (dosel superior o inferior), lo que le permite acceder a mayor iluminación (Alencar *et al* 1979), por otra parte la formación de claros, la diferenciación de nichos, la altura del dosel, inciden en las oportunidades de regeneración y crecimiento (Welden *et al* 1991).

Worbes (1995) indica que entre los métodos no destructivos para estudiar el crecimiento y estrategias de crecimiento se encuentran las investigaciones fenológicas, que indican el ritmo de crecimiento de un árbol, de especies de árboles o un tipo de bosque.

## 2.4 Regeneración natural en especies forestales tropicales

La silvicultura tradicional, indica que las fuentes de regeneración en el bosque incluyen los plantones residuales, brotes de árboles cortados o de sus respectivas raíces, germinación de semillas enterradas o traídas por el viento, animales o pájaros y semillas o plántulas intencionalmente sembradas o plantadas, y las proporciones de estas cuatro fuentes que se mantienen seleccionando lo deseable, están estrechamente relacionadas con las necesidades de las comunidades (Peck 1993).

Gautier y Spichiger (1986) indicaron que existen estrategias de reproducción, que están relacionadas con el ritmo fenológico del bosque, la estacionalidad de la región y los agentes dispersores de la semilla.

El éxito de cualquier regeneración depende de varias premisas, que con frecuencia son muy diferentes, según la especie arbórea de que se trate (Lamprecht 1990). En todo caso son imprescindibles las siguientes condiciones: cantidades suficientes de semillas viables y condiciones microclimáticas y edáficas adecuadas para la germinación y el desarrollo. Si bien la mayoría de las especies fructifican con frecuencia, las semillas de algunas de ellas pierden rápidamente su poder germinativo inicial, a veces después de pocos días o semanas. Al respecto, Levey (1990), indica que la conducta fenológica de los árboles de sotobosque puede estar más influenciada por el ambiente, que por los mecanismos habituales de control; una fructificación no estacional y abundante de árboles en claros, en comparación con los sombreados juega un papel importante en el éxito reproductivo de la especie, concordante con este criterio, Putz y Appanah (1987), indicaron que la edad de los claros y las semillas enterradas durante la regeneración de los mismos; las cantidades presentes en el suelo, y la presencia de las semillas antes o después de la formación del claro son los factores determinantes de las diferencias en la germinación.

Otro de los factores que influye en la distribución espacial de las especies se debe al mecanismo de dispersión, y en los bosques tropicales la dispersión por animales es más

efectiva debido a que muchos frutos maduros forman parte de la dieta de pájaros y otros animales silvestres (Falk 1991).

## 2.5 Las semillas de especies tropicales

Lamprecht (1990), indica que la obtención, el almacenamiento y el tratamiento de semillas son parte de la tarea diaria del silvicultor tropical. Se considera que los principales eventos en la germinación de la semilla, son la reanudación del crecimiento del embrión y su desarrollo como planta independiente, ello implica varios procesos como la rehidratación de la semilla, la reactivación de enzimas, la multiplicación de células y diferenciación de órganos y tejidos; entre algunos de ellos; en algunos casos estos procesos son inhibidos por la presencia de compuestos fenólicos producidos por las plantas (Kozlowsky 1997). Para una adecuada comprensión de tales fenómenos es indispensable un conocimiento mínimo de la estructura de la semilla, en la que el principal componente es el embrión.

Hartmann *et al.* (1990), afirman que las condiciones de humedad, temperatura y luminosidad son determinantes en la germinación de las semillas. En general, muchas especies tienen una producción de semillas suficiente para garantizar ininterrumpidamente la existencia de material germinativo viable (Lamprecht 1990), pero de acuerdo a Wang *et al.* (1993), una provisión suficiente de agua, oxígeno y temperatura; para el metabolismo, determinan el éxito del proceso por cuanto las semillas en germinación son muy susceptibles a las enfermedades, desecación, asfixia por saturación con agua y bajas temperaturas; todas ellas puede causar la muerte del embrión.

Los estudios sobre conservación de semillas de especies tropicales han identificado la existencia de múltiples problemas en la germinación. Roberts (1973), introdujo los términos ortodoxo y recalcitrante para describir la conducta de las semillas en almacenamiento, siendo las primeras resistentes a la desecación y bajas temperaturas; y las segundas mueren cuando la humedad desciende a valores críticos (12 a 31%). La característica diferenciadora entre ortodoxas y recalcitrantes radica en la naturaleza fisiológica de la respuesta al desecamiento, y el tamaño, corta vida así como la

sensibilidad a bajas temperaturas son típicas pero no diagnósticas (Ching 1988). Roberts (1974) indica nueve formas en las que la información puede ser mal interpretada y concluir a ortodoxas como recalcitrantes.

El grado de sensibilidad a la deshidratación varía con cada especie y muchas veces varía de un lote a otro de semilla, afirman Loomis y Battaile (1966), esto se refleja en el alto coeficiente de variación del contenido de humedad.

Cuando la semilla colectada es muy desuniforme, la flotación es una técnica con buen resultado en semillas grandes y con altos contenidos de humedad (Trujillo 1995). Se fundamenta en que solo flotan las semillas vacías o muy pequeñas. De acuerdo al mismo autor, la mayoría de los frutos carnosos inhiben de una manera poderosa la germinación, y ésta no se activa sin las condiciones adecuadas; los tratamientos pregerminativos facilitan las condiciones o modifican las restricciones para asegurar una secuencia ordenada de los procesos fisiológicos.

## 2.6 *Quassia amara* L.

### 2.6.1 Descripción

*Quassia amara* u Hombre Grande, es un arbusto grande o árbol pequeño que alcanza hasta 9 m de alto y 10 cm de grueso (Cáceres *et al* 1995). Pertenece a la familia Simaroubaceae del orden Sapindales, y una de las características distintivas de la familia especialmente en árboles y arbustos, es la presencia frecuente de sustancias amargas en diferentes órganos (Poveda 1995). De hojas imparipinadas, alternas, foliolos muy brillantes, raquis y peciolo alado, cuando jóvenes de color pardo rojizas; sin estípulas, savia incolora, muy amarga; flores rojizas (Sánchez-Vindas, *sf*). Las flores están dispuestas en panículas delgadas, tan largas como las hojas; flores rojas con cáliz de 2-3 cm de largo, pétalos linear lanceolados, glabros y estambres más largos que la corola (García 1992). Los frutos son drupáceos ovoides sincárpicos de 1 a 1.5 cm de longitud, en grupos de 5 o menos. De acuerdo a las evaluaciones de Brown (1995), los racimos florales constan de 20 a 30 flores hermafroditas, que se desarrollan asincrónicamente. El estado

de floración maduro se considera cuando tanto botones como flores están presentes, y la aparición de los estambres en la punta de la corola es utilizada como una marca de estado floral pleno. Según el mismo autor, los frutos inmaduros son verdes; cambiando a rojos y finalmente negros en el proceso de maduración.

La corteza es grisácea, la madera blanca o amarillenta, inodora, con sabor amargo persistente, suele, ligera, fácil de cortar y resistente a los insectos (Cáceres *et al* 1995). El aprovechamiento es principalmente por recolección, y es de fácil rebrote después de cortarlo (Ocampo, 1995).

*Quassia amara* es un recurso natural aprovechado desde tiempos ancestrales, principalmente como medicina, y su utilidad como plaguicida natural se reconoce desde el siglo XIX (Kent y Ammour 1995). Como varias especies vegetales de los trópicos, es de múltiples usos y a consecuencia de la presencia de sus principios activos: la cuasina y neocuasina, puede ser usada como insecticida natural, además del uso tradicional como medicamento. Para cosechar se corta los tallos entre 1.8 y 5.2 cm de diámetro (promedio 2.18 cm) a un metro por encima del suelo para facilitar el rebrote, de acuerdo al plan de manejo, esta operación se puede efectuar cada cinco años.

De acuerdo a Roark (1947), las sustancias activas se encuentran en las raíces, hojas, corteza y principalmente la madera. Actúa sistémicamente por su característica de toxina de contacto y de ingesta. No afecta a insectos útiles y se aplica contra succionadores porque las sustancias activas son solubles en agua. Los preparados de cuasia no se aplican a frutos y hojas comestibles, ya que son persistentes, estables y confieren un sabor amargo (Stoll - Weikersheim 1989).

### 2.6.2 Distribución

Este recurso es de importancia regional debido a su amplia distribución en el continente americano. *Quassia amara* forma parte de la diversidad florística que actualmente preocupa a autoridades científicas del mundo ya que su hábitat, en las regiones tropicales húmedas, es destruido a gran velocidad (Ocampo 1995).



Debido a su variado uso por mucho tiempo, resulta difícil determinar con precisión la distribución natural de *Q. amara* (Poveda 1995). Según Porter (1973), la especie es nativa de América Tropical, y ocurre desde Brasil a México y las Indias Occidentales donde es nativo en países como Surinam; en Jamaica se le confunde con *Picrasma excelsa*. No hay claridad en cuanto a su relación con sus congéneres del Asia.

En Talamanca, Ling (1995) la encontró en las partes altas de las filas montañosas, en bosque primario, tacotales, áreas de siembra y potreros. El mayor nivel de agregación se observó en ambientes de pie de monte, a la sombra del bosque secundario; sin embargo, hay individuos de mayor altura y diámetro en la fila de montañas. La realización de un inventario en la Reserva Indígena de Kéköldi permitió identificar algunas características de la preferencia de *Q. amara* en cuanto a ambientes y topografía. El inventario además permitió establecer otras variables relacionadas con su crecimiento y utilización.

### 2.6.3 Condiciones de sitio

Los resultados obtenidos a partir de la realización de un inventario en la Reserva Indígena de Kéköldi, mostraron las existencias de *Q. amara* en el área además de la ubicación de los individuos en las diferentes posiciones topográficas, su abundancia y distribución (Marmillod *et al* 1995). Coincidente con el trabajo de Villalobos (1995b) que estudió la distribución natural de la especie, Ling afirma (1995), que la presencia y desarrollo de *Q. amara* se relaciona con los ambientes y posición topográfica, notándose que la especie se ve favorecida en sitios de buena penetración de luz como en las partes altas de los bosques. Brown en 1995 también indica que los individuos con mayor número de racimos florales fueron localizados en claros y a lo largo de las veredas.

En Kéköldi, asociado a los factores ambientales favorables a la presencia de cuasia, está el desarrollo en términos de incremento diamétrico; notándose los mayores diámetros para los ambientes de bosques y tacotal en la posición topográfica de cima y lomo (Ling 1995). Asimismo, la abundancia de *Q. amara* es muy variada, ausente en

partes bajas y presente en diferentes grados en las partes altas de la montaña (Marmillo *et al.* 1995).

Estudios efectuados por Villalobos (1995), indican que aunque su presencia es común bajo el dosel del bosque, el aumento en los niveles de iluminación genera un mayor crecimiento y floración, por consiguiente una mayor regeneración en claros del bosque. De acuerdo al mismo autor, el principal condicionador de la distribución natural de *Q. amara* en Costa Rica es la altitud, ya que no se presentan poblaciones importantes por encima de los 500 msnm. Adicionalmente la humedad del suelo, la calidad del drenaje y la forma de dispersión de la semilla determinan su presencia bajo forma de parches.

En la región de Talamanca, según Collinet (1990) existe una gradiente de precipitación sureste-noroeste, la temperatura media anual oscila entre 25 y 29°C, y las características topográficas en relación a la vegetación permiten distinguir zonas de colinas sobre fuertes pendientes, suelos bien drenados, poco lavados y bien estructurados intercalados con mesetas de características opuestas, con signos de estancamiento largo del acuífero. Por otra parte, al parecer el balance de materia orgánica tiene más relación con la topografía que con la cobertura vegetal.

#### 2.6.4 Aspectos fenológicos

Cáceres *et al* (1995), indican que *Q. amara* es una especie nativa de bosques secos y húmedos, en laderas con regular penetración de luz. Los arbustos de cuasia en el bosque muestran una fuerte dominancia apical, frecuentemente rota por aparentes daños mecánicos del ápice; esto produce individuos cuyo eje principal se divide en dos o tres ejes a una altura variable, cada uno de ellos con un crecimiento predominantemente ortotrópico. Por esta misma razón, en bosques primarios poco disturbados pueden encontrarse ejes principales de hasta 3 m. aunque las ramas permiten que la altura total del arbusto sea mayor.

De acuerdo a los estudios de Brown (1995), la fenología reproductiva de *Q. amara* se produce al finalizar la época lluviosa y está caracterizada por ser asincrónica. La especie florece desde octubre y la maduración promedio de los frutos dura dos meses, pero un árbol puede producir simultáneamente botones, flores, frutos verdes y maduros. El mismo autor indica que es difícil establecer una duración del ciclo de vida con exactitud, pudiendo encontrarse individuos de 100 años aunque el promedio se encuentra entre los 20 y 50, afirma además que el periodo reproductivo de *Q. amara* es prolongado, durando unos seis meses cada año, y que la producción de flores es abundante pero la producción de frutos es relativamente baja, asegurando que en la localidad de Kéköldi, este periodo está comprendido entre los meses de octubre y abril

### 2.6.5 Propagación

Estudios efectuados por Ocampo *et al.* (1995) probaron que la propagación de *Q. amara* se produce con éxito tanto por vía sexual como asexual (vegetativamente). El mismo autor indica que observaciones directas en bosque disturbado, áreas de crecimiento natural y cultivos perennes presentaron abundante germinación de semillas; si estaban presentes una capa de hojas en descomposición en la superficie del suelo y poseían buena intensidad lumínica. Por otra parte diferentes pruebas mostraron que la germinación puede variar ampliamente: desde un aproximado de 85% con 8 semanas de post-cosecha, hasta una mínima después de un mes (Brown 1995), en base a lo que se determinó su carácter recalcitrante.

Afirma Brown (1995), que a pesar de que la floración en cuasia es abundante, la fragilidad del pedúnculo de la flor limita la producción de frutos. Asimismo observa que la producción de plántulas y el reclutamiento varía grandemente de un sitio a otro.

En cuanto a la reproducción por vía vegetativa, Ocampo y Solano (1992) demostraron una capacidad de enraizamiento de estacas subapicales de 8% y 10%, influyendo en este resultado la presencia o ausencia de enraizador como un factor favorable. Brown en 1995 afirmó que la propagación de cuasia es posible también por estacas y acodos aéreos.

Marmillo *et al* (1995), resaltan la importancia de la propagación como parte del sistema silvicultural y plantean la creación de nuevos grupos de regeneración de *Q. amara* enriqueciendo los claros naturales formados por caída reciente de árboles, mediante dispersión de semillas; y fomentar el crecimiento de los individuos en los parches existentes, abriendo el dosel para aumentar la cantidad de luz recibida.

### 3. MATERIALES Y METODO

#### 3.1 Localización

##### 3.1.1 El estudio fenológico en población natural

El estudio fenológico se efectuó en la población natural de la Reserva Indígena de Kéköldi, en el cantón de Talamanca, provincia Limón, ubicada en la costa caribeña en el sudeste de Costa Rica. El sitio de estudio se categoriza como bosque tropical húmedo caliente con temperatura promedio anual de 25.9°C y una precipitación media anual de 2753 mm (Barrantes 1985), que se distribuyen a lo largo de todo el año. El promedio de horas de brillo solar diario anual está comprendido entre 4 y 5 horas, las que se determinaron a partir de las series de brillo solar de las estaciones más próximas (Instituto Meteorológico Nacional 1992). Los registros de precipitación se tomaron de la estación de Puerto Vargas, por tener al menos 10 años de lecturas anuales completas consecutivas.

##### 3.1.2 Las parcelas de medición permanente

Estas Parcelas Permanentes de control se establecieron en la región de Talamanca, en el año 1995, situándose dos de ellas en la Reserva Indígena de Kéköldi en los 9° 38' latitud Norte y 82° 48' longitud Oeste, dos en San Rafael de Bordón en los 9° 45' latitud Norte y 82° 55' longitud oeste, y cinco en San Miguel de Sixaola en los 9° 32' latitud Norte y 82° 37' longitud oeste; en colaboración con finqueros del lugar.

De manera similar a la efectuada para la población natural, la definición ecoclimática de la zona se efectuó sobre la base de la información pluviométrica de las estaciones de registro de Puerto Vargas, Sixaola y Penhurst. La descripción de las parcelas se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parcelas permanentes de control de *Quassia amara* en Talamanca, Costa Rica.

Número parcela	Ubicación	Fecha de siembra	Fecha de instalación	Número plantas	Característica
9	Kéköldi	Febrero 1991	Mayo 1995	49	Bajo cacao
1	Kéköldi	-----	Junio 1995	54	En bosque natural
7	San Rafael de Bordón	Octubre 1992	Marzo 1995	48	En claro de bosque
8	San Rafael de Bordón	Agosto 1992	Junio 1995	49	Bajo cacao
6	San Miguel de Sixaola	Noviembre 1992	Marzo 1995	40	Bajo almendrillo
3	San Miguel de Sixaola	Junio 1993	Marzo 1995	49	Bajo anonillo (som)
5	San Miguel de Sixaola	Noviembre 1992	Marzo 1995	49	Bajo anonillo (sol)
4	San Miguel de Sixaola	Noviembre 1992	Junio 1995	36	Entre forestales
2	San Miguel de Sixaola	Agosto 1993	Junio 1995	33	Entre forestales

## 3.2 Materiales y Equipo

### 3.2.1 Material vegetal en pruebas de laboratorio y campo

El material vegetal para la evaluación de fenología estuvo constituido por 437 individuos de *Quassia amara* de cuatro diferentes clases diamétricas, mayores a 200 décimas de mm de diámetro a una altura de 30 cm del suelo, es decir individuos potencialmente aptos para el aprovechamiento (Ling 1995), pero sin haber sido cosechados previamente, ubicados bajo las condiciones de sitio especificadas en la metodología.

La evaluación de fenología y crecimiento en parcelas, se efectuó sobre 354 individuos de cuasia plantados en nueve parcelas de medición permanente en las localidades de Kéköldi, San Miguel de Sixaola y San Rafael de Bordón.

Para la valoración de la semilla se utilizó material colectado *in situ* a partir de los individuos ubicados en las condiciones especificadas en la metodología. Se estima que se manipuló a nivel de laboratorio entre 8 y 10 kg de frutos.

La evaluación de la germinación y desarrollo inicial de plántulas en condiciones naturales requirió de 30 individuos con actividad reproductiva, del dispositivo fenológico

en población natural; al los que se les instaló una parcela circular de 2 metros cuadrados en el área de la proyección de copa. Esta superficie fue marcada y dividida en dos partes iguales, una de ellas fue deshierbada y la otra se mantuvo sin alteración.

### **3.2.2 Infraestructura**

Para la valoración de la semilla se utilizó, a tiempo parcial durante 6 meses, parte de las instalaciones y equipamiento del laboratorio de PROSEFOR.

### **3.2.3 Equipos y herramientas**

Los requerimientos principales fueron: equipo de medición en campo: barra telescópica, calibrador Vernier, brújula, clinómetro, cinta métrica y otros menores que fueron proporcionados por el proyecto Olafo y la unidad de Bosques del CATIE; equipos de pesaje, secado, material de laboratorio, cámara de germinación, y otros apropiados al manejo de semillas en el laboratorio de PROSEFOR, herramientas menores, para trabajo de rutina en campo.

Para las siembras se usaron cajas plásticas con cubierta de 34 cm de largo por 24 cm de ancho y 15 cm de profundidad. Se utilizó como sustrato arena esterilizada y humedecida preparada para el uso del Laboratorio, además de etanol al 90% para desinfección, silica para deshidratación y vermiculita como absorbente.

### **3.2.4 Otros medios utilizados**

Además de los materiales mencionados anteriormente se utilizó mano de obra semicalificada del lugar, se usó material de colecta, pinturas, material de marcado e identificación de individuos; transporte hacia y dentro del área de trabajo y hospedaje por el tiempo de duración de las actividades de campo.

### 3.3 Metodología

Los tres componentes del trabajo de investigación se presentan como:

- El estudio fenológico en población natural en la Reserva Indígena de Kéköldi
- El estudio en laboratorio correspondiente a la valoración de la calidad fisiológica de la semilla con la evaluación de germinación en el bosque
- El estudio de crecimiento en Parcelas Permanentes de Control de cuasia.

#### 3.3.1 El estudio fenológico en población natural

Esta componente de la investigación se diseñó para obtener en primer lugar la información básica sobre el comportamiento fenológico reproductivo de *Quassia amara* en población natural, en relación a las variables de condición de sitio: posición topográfica e iluminación, y la variable de condición de la planta: tamaño, aproximada por la medida del diámetro a 30 cm sobre el nivel del suelo ( $d_{0.3}$ ). En segundo lugar, y en relación al comportamiento fenológico de los individuos, obtener información sobre crecimiento de la misma población tomando como indicadores el incremento diamétrico y el incremento en altura. Para una adecuada interpretación de esa información, en relación al clima, previamente se determinó analizar la existencia de estacionalidad.

##### 3.3.1.1 La determinación de la estacionalidad

Siendo de interés asociar los eventos fenológicos a las variables climatológicas, se utilizó el "Índice de temporada pluviométrica" de Aubreville (1961) para la caracterización del clima. Los índices se componen de tres cifras correspondientes, la primera, al número de meses húmedos con precipitación mensual mayor a 100 mm; la última corresponde a los meses ecosecos con precipitación menor a 30 mm; y la segunda son los meses de transición. La base de cálculo debe ser una amplia serie de años, para evitar errores de omisión de períodos secos. Para determinar la existencia de estacionalidad, en relación a períodos ecosecos, es necesario tomar en cuenta además criterios de duración, aridez, intensidad y regularidad. Puede producirse periodicidad en la presencia de meses ecosecos para una determinada localidad, lo que a nivel de macro



región no determine cambios fisonómicos pero sí produzca cambios fenológicos y florísticos (Marmillod 1984).

### 3.3.1.2 Diseño del estudio

El estudio de fenología se efectuó en 437 individuos de la población natural dentro la reserva indígena, en parte del área definida como zona productiva en aprovechamiento (Marmillod *et al* 1995), los mismos que fueron seleccionados por tener un diámetro a 30 cm del suelo ( $d_{0.3}$ ) mayor a 200 décimas de milímetro, estar situados en una de las cuatro posiciones topográficas definidas para el estudio; y una tercera condición de selección fue la categoría de iluminación que ocupaba en el momento de su identificación, de acuerdo a la escala de Clark y Clark (1992).

La investigación está basada en la formulación de un modelo que supone la acción de las tres variables en estudio y sus interacciones, sobre un individuo de cuasia:

$$X_{ijk} = X + A_i + B_j + C_k + A_iB_j + A_iC_k + B_jC_k + A_iB_jC_k + E$$

donde cada individuo  $X_{ijk}$  sería producto de su condición propia o variabilidad interna, más el *iesimo* efecto de la variable Iluminación, sumado al *jesimo* efecto de la variable topografía, más el *kesimo* efecto de la variable clase diamétrica, más sus interacciones y el error experimental.

De acuerdo a la planificación del estudio se establecieron cuatro ubicaciones topográficas, siete categorías de iluminación, lo que representa 28 tipos de condición de sitio y cuatro clases diamétricas para los individuos. Cada individuo se constituyó en una unidad experimental, y se establecieron 10 repeticiones. La distribución de las unidades experimentales en las diferentes clases diamétricas determinó que 6 unidades pertenecieran a las clases diamétrica menores y cuatro a las mayores, a fin de disponer de una mayor cantidad de unidades experimentales para detectar el inicio de actividad reproductiva. Esta planificación requirió contar con la menos 280 individuos que pudiesen llegar hasta la última evaluación, a lo largo de un año calendario; pero como la

dinámica del bosque no puede garantizar totalmente esta situación se identificó y marcó una cantidad mayor totalizando 437.

### 3.3.1.3 Variables

Las variables de la investigación fueron: clases diamétricas como aproximación al tamaño de los individuos; topografía e iluminación como condiciones de sitio.

#### 3.3.1.3.1 Clases diamétricas

Esta es una variable de caracterización del individuo, que permite efectuar una aproximación a la etapa de desarrollo del mismo. Se la determinó mediante la medición y marcado del diámetro a 30 cm del suelo ( $d_{0.3}$ ), con una precisión de 0.1 de mm. Se estableció como mínimo el de 200 décimas de mm, que es una aproximación al de 24 mm establecido en el inventario de *Quassia amara* para la población adulta en producción de la Reserva indígena de Kéköldi (Ling 1995). Las clases diamétricas establecidas para el estudio fueron: la primera de 200 a 350 décimas de mm, la segunda de 351 a 500 décimas de mm, la tercera de 501 a 650 décimas de mm y la cuarta mayor a 651 décimas de mm. Se tomaron dos lecturas perpendiculares entre sí y se calculó la media aritmética; en los casos de individuos con más de un eje, el par de lecturas se tomó para cada uno de ellos y posteriormente se calculó el diámetro cuadrático. Esta medición se efectuó en tres oportunidades: la primera de instalación al iniciar la investigación, la segunda a tiempo de marcarlos, y otra final a la conclusión el ciclo de evaluación.

#### 3.3.1.3.2 Topografía

De acuerdo a Villalobos (1995) y Ling (1991), la posición topográfica influye en la distribución de *Quassia amara*. En la Reserva indígena de Kéköldi se han tipificado diferentes estratos, de los cuales se identificaron cuatro que fueron utilizados en el estudio, tal como se describe.

Cima.- Caracterizada por ser la parte alta de una conformación orográfica, confluencia de las estribaciones o de filas. En algunos casos puede determinar un área semiplana, amplia o reducida. Pero notable por su dominancia en altura por encima de las otras formaciones. En los formularios de trabajo recibe la codificación *cim*.

Lomo .- Parte alta-superior de las estribaciones o filas que conducen a la cima, y que generalmente terminan donde empieza las laderas. Tiene el código *lom*.

Ladera.- Áreas con pendientes fuertes, generalmente mayores a 40%, para los formularios está designada con *lad*.

Plano en ladera .- Porción de terreno de baja pendiente, que interrumpe una ladera, y que dependiendo de la magnitud de la misma puede ser más o menos amplio. Es el código *pla* de la caracterización.

Para el registro de la información se diseñaron formularios al propósito, y una codificación para cada descriptor, de acuerdo al detalle que se presenta en el Anexo 1A.

### 3.3.1.3.3 Iluminación

Para definir las categorías de iluminación se tomaron los criterios de Clark y Clark (1992), para árboles emergentes y del dosel; éstas son 7 categorías con valores de 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4 y 5; de la menor a la máxima iluminación. Tomando en cuenta que *Quassia amara* es un arbusto o árbol pequeño, se diferencia básicamente de los criterios emitidos para árboles que alcanzan el dosel superior, en que resulta muy difícil encontrar individuos en condiciones de exposición en el máximo valor de la escala, y la dificultad de aplicación de los individuos de cuasia a esta categoría obligó a definir un 4.5 como la de mayor iluminación. Justamente la talla y arquitectura de cuasia determinan también tomar en consideración otros factores que pueden modificar substancialmente el significado de la escala y la cuantificación de la iluminación, como ser: el tipo de vegetación circundante, la altura del dosel y el tipo de copas, además del desarrollo de copa del mismo individuo. Las categorías de la escala de iluminación definidas fueron:

### **Sin luz directa**

Categoría 1.0 Para individuos bajo dosel, sin iluminación directa superior ni lateral, y rodeados de vegetación alta y/o baja densas (0-5m de altura) Es la condición de menor iluminación.

### **Con luz lateral**

Categoría 1.5 Para individuos bajo dosel, con mínima luz lateral. Una pequeña apertura en el dosel superior lateral al individuo, o discontinuidad de la vegetación circundante, si hay luz directa es menor al 10% de la copa en su proyección lateral.

Categoría 2.0 Para individuos bajo dosel, que cuentan con una fuente intermedia de iluminación lateral. Una apertura notoria del dosel lateral superior, puede recibir luz lateral directa en algunas ramas, mayor al 10% y menor al 50% de la copa.

Categoría 2.5 Para individuos bajo dosel, con amplia iluminación lateral. Baja densidad de vegetación circundante, dosel alto y ralo, y/o notables entradas de luz directa lateralmente a la copa, mayor al 50%.

### **Iluminación superior vertical**

Categoría 3.0 Para individuos que poseen de 10% hasta un 80% de iluminación superior, vertical directa.

Categoría 4.0 Para individuos que tienen más del 80% de iluminación superior vertical directa, pero que lateralmente tienen árboles más altos, o cuya vegetación circundante es densa.

Categoría 4.5 Para individuos cuya copa está totalmente iluminada superior y lateralmente, pero que al trazarse un cono invertido de 90° a partir de su base, las prolongaciones diagonales del mismo se intersectan con fustes u otras copas más altas.

La descripción gráfica de las categorías, se presenta en el Anexo 2A.

#### 3.3.1.4 Diseño experimental

El dispositivo experimental estuvo constituido por 28 tratamientos correspondientes a la interacción de las 7 categorías de luz y 4 posiciones topográficas, determinadas para 10 individuos (repeticiones) pertenecientes a cuatro clases diamétricas. Un resumen de los mismos se presenta en el cuadro 2. El total de individuos definidos por el diseño experimental fue superado por el número de individuos controlados (medidos) lo que fue previsto para evitar la falta de unidades experimentales debido a la dinámica del bosque.

#### 3.3.1.5 Evaluaciones

Las evaluaciones, de acuerdo al objetivo, se clasificaron en evaluación de instalación, de caracterización y de seguimiento o periódicas.

1. La evaluación de instalación permitió establecer la existencia de individuos en la población natural, suficientes para seleccionar el conjunto experimental. Para ello se marcaron individuos midiéndoles el diámetro a 30 cm ( $d_{0.3}$ ), estableciendo la categoría de iluminación y la posición topográfica.

2. La evaluación de caracterización estableció la identificación completa del individuo desde el punto de vista dasométrico y se la efectuó en dos oportunidades. Esta estuvo compuesta por:

*Medición del diámetro* .- Medido a 30 cm del suelo, en 0,1 de mm, estableciéndose dos lecturas perpendiculares entre sí, que luego son promediadas.

*Medición de Altura* .- A cada individuo se le tomó la altura total, por eje, en decímetros (dm), desde el suelo, y la altura a la base de la copa.

*Descripción de copa* .- La descripción de la copa se realizó en función de la forma, la densidad del follaje y sus proyecciones sobre el plano horizontal.

Cuadro 2. Diseño experimental propuesto/controlado para el estudio fenológico en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

TRATAMIENTOS		REPETICIONES Clase Diamétrica (0.1 mm)				Total Individuos
Topografía	Iluminación	200- 350	351-500	501-650	> 650	
CIMA	1.0	3 (3)	3 (4)	2 (1)	2 (0)	10 (8)
	1.5	3 (3)	3 (4)	2 (3)	2 (1)	10 (11)
	2.0	3 (7)	3 (4)	2 (4)	2 (2)	10 (17)
	2.5	3 (8)	3 (5)	2 (2)	2 (3)	10 (18)
	3.0	3 (3)	3 (2)	2 (4)	2 (6)	10 (15)
	4.0	3 (3)	3 (2)	2 (4)	2 (2)	10 (11)
	4.5	3 (3)	3 (0)	2 (0)	2 (1)	10 (4)
LOMO	1.0	3 (4)	3 (3)	2 (3)	2 (2)	10 (12)
	1.5	3 (6)	3 (4)	2 (7)	2 (2)	10 (19)
	2.0	3 (5)	3 (3)	2 (3)	2 (5)	10 (16)
	2.5	3 (3)	3 (11)	2 (6)	2 (5)	10 (25)
	3.0	3 (3)	3 (7)	2 (4)	2 (8)	10 (22)
	4.0	3 (9)	3 (3)	2 (2)	2 (4)	10 (18)
	4.5	3 (2)	3 (5)	2 (1)	2 (4)	10 (12)
LADERA	1.0	3 (6)	2 (4)	2 (3)	2 (2)	10 (15)
	1.5	3 (4)	2 (12)	2 (6)	2 (3)	10 (25)
	2.0	3 (3)	2 (7)	2 (8)	2 (6)	10 (24)
	2.5	3 (5)	2 (6)	2 (5)	2 (2)	10 (18)
	3.0	3 (5)	2 (3)	2 (1)	2 (7)	10 (16)
	4.0	3 (3)	2 (4)	2 (4)	2 (4)	10 (15)
	4.5	3 (3)	2 (6)	2 (4)	2 (5)	10 (18)
PLANO EN LADERA	1.0	3 (2)	2 (5)	2 (3)	2 (1)	10 (11)
	1.5	3 (5)	2 (2)	2 (3)	2 (3)	10 (13)
	2.0	3 (4)	2 (4)	2 (2)	2 (5)	10 (15)
	2.5	3 (3)	2 (3)	2 (2)	2 (4)	10 (12)
	3.0	3 (5)	2 (3)	2 (3)	2 (4)	10 (15)
	4.0	3 (3)	2 (4)	2 (3)	2 (4)	10 (14)
	4.5	3 (3)	2 (2)	2 (3)	2 (4)	10 (12)
TOTAL		84 (84)	84 (124)	84 (131)	84 (92)	280 (431)

La forma se definió con cuatro calificaciones asociadas a las formas geométricas redonda (1), elíptica (2), cilíndrica o columnar (3), y de triángulo invertido (4); una quinta: la agrupada (5), describió una copa dividida en grupos de follaje alrededor de cada eje (Anexo 3A). Esta evaluación fue independiente del número de ejes.

El follaje se calificó por su densidad, correspondiendo uno denso (*den*), al que no deja visualizar nada a través de él; y uno ralo (*ral*) al que sí permite ver a través.

La proyección de copa estuvo determinada por la medición, en decímetros, del diámetro mayor (*proc 1*) y el diámetro menor (*proc 2*) de la proyección vertical de la copa sobre el plano inferior (suelo).

*Fenología inicial.*- Se evaluó la situación inicial de los individuos estableciendo si poseían o no restos de floración o fructificación anterior. La floración determina el inicio de actividad reproductiva del individuo.

Otras evaluaciones de caracterización periódicas fueron la de iluminación y la de regeneración natural.

*Luz.*- Se evaluó la iluminación en tres oportunidades durante todo el ciclo, para determinar si se producían variaciones debido a la dinámica del bosque.

*Regeneración.*- Se determinó la presencia o ausencia de regeneración natural, bajo la copa de los individuos, en cinco oportunidades. La primera en el período de floración y las otras cuatro en período de fructificación y post fructificación, coincidentes con las evaluaciones de las parcelas de regeneración del segundo componente del estudio.

3. Las evaluaciones de seguimiento o periódicas fueron las correspondientes a los eventos de fenología reproductiva y ritmo, que se efectuaron cada 21 días en promedio.

Las actividades de fenología reproductiva y ritmo se definieron como:

*Brotación.*- Estado que corresponde al desarrollo de hojas nuevas, teniendo como referencia la presencia o ausencia de hojas jóvenes con tintes rojo-cobrizos, y como escala de evaluación el número de ápices que las poseyeran. Esta cuantificación es una estimación de la presencia e intensidad del estado. De esta forma se tuvo:

Inicial	Uno a dos ápices con hojas en desarrollo (coloreadas).
Regular	Más de dos hasta 10 ápices en el mismo estado
General	Más de 10 ápices con hojas en desarrollo.

Conviene resaltar que esta escala fue aplicable a los individuos con copa suficientemente desarrollada (más de 10 ápices), haciendo notar que para los individuos que no poseían esta característica, se ponderó la calificación en función a la magnitud de la copa y la intensidad del fenómeno. De esta forma, un individuo con sólo un ápice pudo calificarse indistintamente en las tres, pero al contar con 2 a 10 ápices pasa a ser solamente regular o general.

*Ritmo* - En base a las observaciones de brotación, para poder establecer el ritmo de crecimiento en los mismos individuos, se efectuaron también observaciones más detalladas del desarrollo vegetativo, como ser:

Desarrollo de la vema apical denotado como *crec* para fines de notación, siendo visualizado por la presencia de pequeños rudimentos foliares apicales.

Elongación de tallos nuevos denotado por *elong*, y caracterizado por la coloración verde claro o verde cobrizo de los últimos entrenudos de la rama elongada.

La producción de brotes nuevos, denotado por *nue* que representa el incremento de ramas en la copa.

La defoliación parcial o total, pero notoria, denotada por *def* y que dada las observaciones preliminares de la especie, normalmente no debiera presentarse.



**Floración.**- Se contaron el número de inflorescencias (panículas) correspondientes a los tres estados de madurez distinguibles de acuerdo a la siguiente descripción:

Botón Flores con la corola completamente cerrada y de color rojo pálido a rojo encendido, denotado por *bot*.

Abierta Flores con apertura inicial del ápice de la corola tubular y color rojo encendido, la notación lo especifica por *abi*.

Madura Cuando están visibles los estambres por la punta de la corola, en los formularios se lo denota con *mad1*.

Adicionalmente se efectuó el muestreo de 10 inflorescencias por individuo, para determinar el número promedio de flores por panícula.

**Fructificación.**- Se contaron el número de infrutescencias correspondientes a cada estado de madurez, descritos como:

Pequeños Infrutescencias cuyos frutos tuviesen hasta 1.0 cm de largo por drupa. Se denotaron como *peq*.

Verdes Infrutescencias con frutos cuyas drupas midiesen más de 1.0 cm de largo cada una, de color verde, o verde-cobrizo, le correspondió la notación *ver*.

Maduros Infrutescencias con frutos de color negro, se los notó con *mad2*.

Secos Todos los raquis solo con frutos secos, que permanecían en el árbol.

Al igual que en las inflorescencias se determinó por muestreo y recuento, el número promedio de semillas por fruto, y frutos por infrutescencia en cada individuo. La codificación utilizada para los formularios de registro de la brotación, floración y fructificación se presentan en el Anexo 1A y el formulario de registro en el Anexo 4A.

### 3.3.1.6 Periodicidad de las evaluaciones

La evaluación de instalación se inició en el mes de agosto, y las de seguimiento en el mes de octubre de 1996. La periodicidad aconsejada en evaluaciones fenológicas de

especies forestales arbóreas del dosel superior es de unos 15 días (Fournier 1975). En el caso específico de la cuasia se ajustaron los períodos a tres semanas. Se efectuaron 14 evaluaciones fenológicas, tres de iluminación y dos de caracterización dasométrica (inicial y final). La última evaluación fenológica se efectuó en el mes de octubre de 1997, al igual que la evaluación dasométrica final.

### 3.3.1.7 Análisis de los resultados

Los resultados se sometieron al modelo formulado en el diseño, estableciendo si las variables en estudio afectan a las variables de respuesta.

Como primer paso, se estableció para cada individuo las cantidades totales de inflorescencias, flores, infrutescencias y frutos producidos. Debido a un déficit parcial en algunas variables de la topografía, se decidió incorporar el total de los individuos marcados, a fin de seguir contando con unidades experimentales para todas las variables a medir.

Se diferenció la proporción de individuos que iniciaron la actividad reproductiva (floración) y del primer grupo, el subconjunto que fructificó.

Las variables de respuesta seleccionadas para la evaluación de la actividad reproductiva fueron: número de inflorescencias, flores totales producidas, duración de la floración, número de infrutescencias, frutos totales producidos, duración de la fructificación, y duración total de la actividad reproductiva.

Las variables seleccionadas para medir el crecimiento en relación a la actividad reproductiva fueron: el incremento diamétrico y el incremento en altura, además se determinó el coeficiente de esbeltez o relación diámetro-altura (Oldeman 1974).

Se efectuaron análisis de varianza para diseños no balanceados y se aplicó la prueba de Duncan para las triples interacciones y comparaciones de la producción total

de flores y frutos, duración del periodo de actividad reproductiva, duración de la floración y fructificación.

Para los individuos de clase diamétrica mayor se efectuó el análisis de área, forma y densidad de copa en función a la categoría de iluminación y diámetro, mediante un análisis de varianza y prueba de Duncan.

### 3.3.2 La valoración de la calidad fisiológica de la semilla

Esta segunda componente de la investigación estuvo destinada a suministrar la información sobre la calidad fisiológica de la semilla para multiplicación y las condiciones de sitio en que fueron producidas, para poderla relacionar con la germinación en bosque.

Este es un aspecto determinante en el éxito reproductivo de los individuos y/o como elemento de análisis para la interpretación de los fenómenos de regeneración natural. El estudio correspondiente a semillas de *Quassia amara* fue dividido en dos fases: la primera fue la investigación en Laboratorio y la segunda la evaluación de la germinación en el bosque.

#### 3.3.2.1 La investigación en laboratorio

Dentro este grupo de ensayos, se determinó la calidad fisiológica de la semilla en laboratorio, de acuerdo a la metodología para semillas forestales de PROSEFOR. La investigación se efectuó en las instalaciones del Banco de Semillas de la mencionada unidad. El período de trabajo se inició con pruebas preliminares en el mes de febrero y concluyó con las evaluaciones de fines del mes de julio. Durante este período se efectuaron 42 siembras, que por la escasa información existente al respecto, tomó la forma de investigación exploratoria. La limitada disponibilidad de semillas determinó que se priorizaran los aspectos a investigar, en función a los objetivos silviculturales del trabajo. Por consiguiente se establecieron pruebas destinadas a:

- La identificación del mejor material para las siembras; con pruebas de germinación preliminares, tomando en cuenta que Brown (1995) indica que la semilla de cuasia es recalcitrante, y que los frutos maduros son de color negro. La baja frecuencia de aparición de estos últimos en el bosque, determinaron probar la siembra de frutos también rojos y verdes.

La semilla, por definición botánica, es el resultado de la fertilización y maduración de un óvulo. Consta de un embrión, que se desarrolla en plántula durante la germinación, de un tejido nutritivo en la mayoría de los casos, y de una cubierta protectora, la testa, que recubre a ambos. Con frecuencia, sin embargo, la unidad a analizar y comúnmente denominada semilla también contiene restos de otras estructuras, tales como el ovario y en ocasiones otras partes de la flor (Min. Ag. y Al. 1991). El término semilla se usa generalmente con un sentido funcional y significa una unidad de reproducción. Este término incluye tanto a las semillas verdaderas como a los frutos (Jara 1996).

En el caso de cuasia, el fruto es una drupa apocárpica uniseminada con el receptáculo inflado (Gentry 1996), y para Standley (1937) el fruto está compuesto por cinco drupas negras, mismo criterio sostenido por Croat (1978) que indica que el fruto está formado por 4-5 drupas negras ovoides, sobre un receptáculo rojo ancho con las semillas suspendidas de la punta. Este es el concepto asumido para la caracterización, ya que el ovario es una sola unidad multilocular, que se divide a causa del desarrollo del fruto y del crecimiento del receptáculo.

Sobre la base de estos conceptos se efectuó la caracterización de frutos y semillas. Una vez definido el material de trabajo, se continuó con las pruebas programadas.

- Técnicas de uniformización de las semillas, en laboratorio mejorando el muestreo, en la colecta por su apariencia, color, peso específico relativo y finalmente por medios químicos (oxidación y/o fermentación), que permitieran un mejor manejo de la semilla.

- Prueba de germinación de semillas provenientes de árboles con iluminación mayor a 2.5 y menor a 2.5 o sombreados, para establecer si existían diferencias entre las semillas de ambas fuentes, en cuanto a su capacidad germinativa. Se consideró que la ubicación topográfica no tiene relación directa con los procesos fisiológicos que afectan a la capacidad reproductiva de la semilla.

- Pruebas de deshidratación con propósitos de determinación del carácter y conservación, con sílica, y de forma natural, por exposición al aire.

- Aplicación de tratamientos pregerminativos, dada la presencia de pulpa, y para evitar la incidencia de hongos durante la germinación. Estos tratamientos consistieron en el despulpado con zaranda, despulpado manual parcial con escalpelo, y despulpado por limpieza manual, luego de una fermentación de frutos a temperatura ambiente por tres días.

- Pruebas de conservación a 15°C hasta tres meses después de la cosecha.

#### 3.3.2.1.1 Caracterización del material

El primer paso del protocolo estableció la caracterización de 25 frutos y semillas, que en este caso fueron verdes y negros, a los que se les midió el largo, ancho, grosor, se determinó en peso en gramos, y en el caso de los frutos el número de semillas que contenían y el peso del receptáculo.

#### 3.3.2.1.2 Las pruebas de germinación

La interpretación de todos los procesos aplicados, se efectuó sobre la base de pruebas de germinación establecidas bajo las mismas condiciones. Si bien se tomó como base de referencia la metodología recomendada por el Laboratorio del Banco de Semillas de PROSEFOR, se tuvieron que efectuar varias modificaciones debido a la escasa información existente sobre la especie, las cantidades de frutos disponibles, la procedencia de los mismos (población natural), y los objetivos silviculturales de la valoración.

De una manera general se establecieron siembras de 25 semillas con cuatro repeticiones, en cajas plásticas con cubierta de 34 cm de largo, 24 cm de ancho y 15 cm de profundidad. Se utilizó como sustrato arena esterilizada y humedecida preparada para el uso del Laboratorio. Los frutos se sembraron enteros en hileras, salvo los tratamientos pregerminativos en los que se les quitó la pulpa, tomando como precaución la desinfección de las cajas con etanol 90% antes de la colocación del sustrato de arena. Simultáneamente se efectuó el control de la humedad del material sembrado, introduciendo en estufa a 105°C por 17 horas muestras duplicadas de 5 gramos de semilla picada (por su tamaño). Una vez efectuada la siembra, se taparon las cajas y se las colocó en cámara de germinación a 30°C, 70% de humedad relativa y 16 horas de luz. Dada la lenta germinación de la cuasia se efectuaron lecturas de evaluación una vez por semana, durante 8 a 12 semanas, o menos en el caso de emergencia total antes del plazo previsto o indicios de putrefacción de la semilla.

### 3.3.2.1.3 Las pruebas de deshidratación

Para fines de mejor manejo de la semilla en el laboratorio, como parte de la metodología para establecer su carácter, y con fines de conservación se efectuaron deshidrataciones con sílica; en una segunda etapa se repitió el proceso al aire, a temperatura ambiente.

Las deshidrataciones con sílica tomaron como referencia el establecimiento de la humedad inicial de la semilla recién colectada, se contó el número de semillas requeridos para la siembra, y se las pesó, incluyendo semilla adicional para la determinación de la materia seca parcial. Los contenidos de humedad considerados para la prueba fueron de 50; 30 y 10%. El cálculo del peso inicial de semilla, de acuerdo al Manual de Laboratorio se efectuó con la fórmula:

$$\text{Peso de las semillas (g) al CH deseado} = \frac{100 - \text{CHI}}{100 - \text{CHD}} \times \text{Peso inicial de las semillas (g)}$$

CHD: contenido de humedad deseado

CHI: contenido de humedad inicial

Se pesaron partes iguales de semilla y sílica, colocándolas en frascos cerrados; se efectuaron los pesajes de control hasta alcanzar el peso deseado, inicialmente cada hora, para posteriormente alargar estos intervalos, de acuerdo a la velocidad de pérdida de humedad. En cada pesaje se cambió la sílica, debido a la saturación con humedad. Cada nivel de humedad contó con un testigo sin sílica, mezclado con vermiculita para evitar pudriciones, que se sembró junto al tratamiento; además se estableció la siembra de un testigo general inicial. La temperatura ambiente promedio durante el período de secado fue de 27°C.

La deshidratación natural se efectuó a consecuencia de los bajos porcentajes de germinación obtenidos de la deshidratación con sílica, además de la certeza de que la semilla se comercializa a contenidos de humedad más bajos que los de la cosecha. Para esta prueba se colectaron frutos verdes, y negros parcialmente deshidratados en el árbol. Los frutos verdes se dejaron al aire, a temperatura ambiente y se fueron sembrando en lapsos de tiempo de un día aproximadamente, con excepción de los negros que se sembraron de inmediato. Los frutos para estas pruebas provinieron de árboles sanos.

#### **3.3.2.1.4 Los tratamientos pregerminativos**

A consecuencia de la presencia de hongos en las siembras de laboratorio, se hicieron observaciones del proceso natural en el bosque. En consecuencia, se determinó aplicar tratamientos pregerminativos de tres tipos: el primero de despulpado de frutos verdes y negros con zaranda, y ayudado por agua; un segundo de despulpado manual parcial efectuado con escalpelo sobre la porción superior del fruto, en el punto de unión con el apocarpo; y un tercer despulpado también manual, efectuado solo por la limpieza de la porción suave de los frutos luego de fermentación a temperatura ambiente por tres días.

#### **3.3.2.1.5 La uniformización**

Ante la dificultad de uniformar el material por su madurez, se efectuaron algunas pruebas simples como el muestreo sistemático con mayores cantidades de semilla o la

aplicación de pruebas físicas como la flotación en agua, la definición de un color definido de pericarpio (verde o negro) y pulpa (varios tonos de amarillo), hasta oxidación vía fermentación de uno a tres días a temperatura ambiente. El indicador más aceptable para determinar la madurez de una semilla es cuando ésta ha llegado a alcanzar su peso seco máximo, que es el punto conocido como madurez fisiológica (Robbins 1981), pero existen excepciones en donde los embriones todavía no están maduros, es decir que continúan madurando después de este punto; un problema práctico de la recolección de semillas es la variación de madurez que en algunos casos puede existir de fruto a fruto dentro una misma planta.

#### 3.3.2.1.6 La conservación

Disponiendo de material remanente de las pruebas de germinación inmediata, se almacenaron en cámara fría a 15°C semillas con tratamiento pregerminativo, en frascos de plástico y a resguardo de la luz, las que se sembraron uno, dos y tres meses después.

#### 3.3.2.1.7 El análisis de los resultados

La información de caracterización de frutos y semillas se analizó en términos de muestras de población, con pruebas de pertenencia T al 0.05 de probabilidad de error.

Para la definición del color de frutos a utilizar, se efectuó un análisis de varianza, con prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad de error. El modelo formulado para este análisis se basa en el supuesto de que el color determina una condición de madurez que está relacionado con la capacidad germinativa de la semilla.

Para la prueba de iluminación, se efectuó un análisis de varianza basado en un modelo de variación de la germinación debida a las dos procedencias de las plantas productoras de la semilla: áreas iluminadas y áreas sombreadas.



Para los tratamientos pregerminativos, se sometieron a un análisis de varianza y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad de error, todos los tratamientos que dieron en promedio una germinación mayor al 60%. En este caso el modelo de análisis se basó en suponer que la germinación es afectada por la aplicación del tratamiento. Todos los resultados de germinación se reportaron en términos de porcentaje.

### 3.3.2.2 La germinación en bosque

El estudio de la germinación en bosque se efectuó en la población natural de cuasia, en la Reserva Indígena de Kéköldi en la región de Talamanca, instalando parcelas circulares de 2 metros cuadrados en la proyección de copa de 30 individuos reproductivamente activos del dispositivo de fenología; estos últimos ubicados bajo tres diferentes condiciones de iluminación, y en terreno de topografía plana o semi plana.

Para la instalación se observaron en los árboles seleccionados el período de mayor fructificación visible, en el estado de madurez verde. Se marcaron parcelas circulares de radio de 0.8 m en la proyección de copa de los individuos seleccionados; se colocó una estaca pintada al centro y se dividió el área en dos partes, una destinada a tratamiento de deshierbe y la otra para testigo. En ambas áreas se efectuó un recuento inicial de plántulas de cuasia existentes, y se determinó la presencia y ausencia de hormigas en frutos y plantas, enviando especímenes colectados en los frutos a la Estación Biológica de La Selva para su identificación.

Las evaluaciones se iniciaron cuando empezaron a germinar las semillas, mostrando las plántula nuevas el par de cotiledones sobre el suelo, aproximadamente 40 días después de la instalación de parcelas. Con base en las observaciones de laboratorio, se decidió darle la misma periodicidad que las evaluaciones fenológicas durante cuatro períodos consecutivos, que constituían una aproximación al tiempo de viabilidad observada en las semillas. Un último recuento de sobrevivientes se efectuó 90 días después de la cuarta evaluación de germinación.

### 3.3.2.3 El análisis de los resultados

La investigación se basó en la formulación de un modelo en el que la cantidad de semillas germinadas en cada parcela se atribuye a la capacidad germinativa de la semilla en sí, más el efecto de la iluminación en el sitio, más el efecto debido al tratamiento del substrato y el error experimental.

Se determinó el estado inicial del ensayo efectuando un análisis de varianza de la población inicial en relación a las tres condiciones de iluminación, se calculó la población nueva a partir del balance de plántulas durante las cuatro evaluaciones, y finalmente noventa días después de la última se hizo un recuento general de sobrevivientes. Ambas poblaciones se sometieron a análisis de varianza para las tres condiciones de iluminación y el tratamiento de deshierbe aplicado al suelo, en comparación con un testigo sin deshierbe. Finalmente se observaron los factores imperantes en las parcelas, para los que se determinó la frecuencia de su presencia solos o combinados entre si.

### 3.3.3 El crecimiento

Esta tercera componente del estudio se diseñó para obtener la información referente al crecimiento de los individuos en relación a las condiciones de sitio: topografía e iluminación, y el tamaño de los mismos; en plantación.

Marmillo *et al* (1995) manifiestan que el establecimiento de parcelas permanentes de control de cuasia permitiría rescatar información que permitiría efectuar comparaciones con la población natural en cuanto al ritmo de crecimiento esperado; por conocerse las fechas de su establecimiento y en consecuencia su edad, además de tener posibilidades de comparar también la duración de la actividad reproductiva.

Por otra parte, Prodan *et al* (1997) indican que cualquier planificación del uso de un recurso renovable encierra el concepto de predicción del crecimiento y el desarrollo de métodos que puedan medirlo con el mínimo de mediciones y variables; tomando en cuenta que en árboles individuales está influido por características genéticas y su

interrelación con el medio ambiente. Una forma de aproximación al momento del aprovechamiento es determinar el punto de culminación del crecimiento, el que a su vez es determinado por la intersección de la curva de incremento medio y de incremento corriente anuales. Aunque las parcelas sólo cuentan con tres años de medición, se efectuaron los cálculos para determinar en que etapa se encuentran.

### 3.3.3.1 La determinación de la estacionalidad

Al igual que en la población natural, la definición ecoclimática de la zona se efectuó sobre la base de la información pluviométrica de las estaciones de registro más próximas y que dispusieran de al menos 10 años de registros, en este caso fueron Penhurst y Puerto Vargas. Los promedios de horas de brillo solar se extractaron de los establecidos para toda la región (Instituto Meteorológico Nacional 1992).

### 3.3.3.2 Las variables en estudio

Las variables estudiadas en estas parcelas de medición fueron las mismas que para el dispositivo fenológico: se establecieron la posición topográfica, categoría de iluminación, clase diamétrica, y las variables de respuesta seleccionadas fueron: la actividad fenológica reproductiva en las 359 plantas de cuasia de las nueve parcelas; además de las mediciones anuales 1995, 1996 y 1997 del  $d_{0.3}$  y altura por eje para cada individuo. Las siembras se produjeron con tres diferentes tipos de plantas: siete parcelas con plantas de semilla, una de pseudoestacas y otra de acodos, factores que fueron tomados en cuenta en la interpretación de los resultados.

### 3.3.3.3 Las evaluaciones

La periodicidad en la toma de datos fue de seis semanas, siendo éstos los mismos contemplados en el dispositivo fenológico. En cuanto a las mediciones anuales fueron tomadas en cuenta principalmente el diámetro a 30 cm ( $d_{0.3}$ ) y alturas por eje.

#### 3.3.3.4 El análisis de los resultados

La información pluviométrica de las localidades de San Rafael de Bordón y San Miguel de Sixaola fue procesada de acuerdo a la metodología de Aubreville (1961), para la determinación de la existencia de estacionalidad.

Cada parcela fue analizada en cuanto a su ajuste al modelo propuesto para el análisis de varianza, tomando en cuenta que en comparación con la población natural las variaciones en topografía casi no existen el modelo se redujo a dos variables: la iluminación y la clase diamétrica. Las variables de respuesta analizadas fueron la actividad reproductiva, en cuanto a la producción de inflorescencias, el incremento en diámetro, el incremento en altura y el coeficiente de esbeltez

Finalmente se efectuó la comparación de los resultados, con los obtenidos en población natural

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 La determinación de la estacionalidad

Tanto la Reserva Indígena de Kéköldi, como las parcelas de medición permanentes situadas en San Rafael de Bordón y San Miguel de Sixaola, si bien pertenecen a la región de Talamanca poseen características fisiográficas diferentes. Para determinar si esas diferencias son suficientes como para definir estacionalidad marcada, se analizaron los registros de precipitación y brillo solar.

La caracterización ecoclimática de la Reserva Indígena de Kéköldi se efectuó con base en la información pluviométrica de la estación de registro de Puerto Vargas, perteneciente al Instituto Meteorológico Nacional, para un periodo de 12 años continuos (1977-1988). La ausencia parcial de registros desde el año 1990 a 1995 no permitieron ampliar el periodo. El promedio anual fue de 2831.2 mm para el periodo de análisis, y los índices anuales pluviométricos obtenidos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Vectores de precipitación en Puerto Vargas, prov. Limón, Costa Rica.

AÑO	MESES DE PRECIPITACION		
	mayor de 100 mm	de 30 a 100 mm	menor a 30 mm
1977	11	1	0
1978	10	2	0
1979	12	0	0
1980	12	0	0
1981	11	1	0
1982	11	1	0
1983	10	2	0
1984	10	1	1
1985	10	1	1
1986	11	1	0
1987	11	1	0
1988	11	1	0

El vector más frecuente es el 11-1-0, que ocurrió en 6 de 12 años; el vector 10-2-0 ocurrió en dos años y en dos consecutivos se presentó un mes seco en una distribución 10-1-1

Se constató la presencia de un mes con una precipitación menor a 30 mm, en dos años consecutivos de un periodo de doce, lo que impide afirmar si tiene características de regularidad, mientras no se disponga de otro periodo similar para determinar si son épocas secas periódicas. Por otra parte, no se nota una transición hacia estos meses secos, que estaría dada por una mayor frecuencia de meses intermedios. Lo que define, basada en la pluviosidad, la inexistencia de estacionalidad marcada o estación ecoseca.

Bajo el mismo criterio empleado para la Reserva Indígena de Kéköldi, se analizó la información concerniente a la precipitación de las localidades de San Rafael y San Miguel. La primera se encuentra entre las Estaciones de registro de Penhurst y Puerto Vargas; y la segunda tiene la Estación de registro más próxima en Sixaola. La estación de Penhurst tuvo en el período 1984-1994 un promedio anual de 2675 mm de precipitación, y el correspondiente a Sixaola para el período de análisis 1979-1989 fue de 2437 mm. Los vectores de precipitación obtenidos se presentan en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Vectores de precipitación en Sixaola, prov. Limón, Costa Rica.

AÑO	MESES DE PRECIPITACION		
	mayor de 100 mm	de 30 a 100 mm	menor a 30 mm
1979	8	4	0
1980	11	1	0
1982	12	0	0
1983	8	4	0
1984	8	3	1
1985	9	3	0
1986	11	1	0
1987	10	2	0
1988	11	1	0
1989	10	2	0

En la estación de registro de Sixaola, durante un periodo de 10 años, solamente se registró uno con un mes menor a 30 mm de precipitación, aunque en esta oportunidad los meses de transición son mas frecuentes. El vector dominante es el 11-1-0 en tres años, luego el 8-4-0 y 10-2-0; cada uno en dos años.

Cuadro 5. Vectores de precipitación en Penhurst, prov. Limón, Costa Rica.

AÑO	MESES DE PRECIPITACION		
	mayor de 100 mm	de 30 a 100 mm	menor a 30 mm
1984	10	1	1
1985	9	3	0
1986	11	1	0
1987	10	2	0
1988	12	0	0
1989	11	1	0
1990	11	1	0
1991	11	1	0
1992	11	1	0
1993	11	1	0
1994	10	2	0

En la Estación de Penhurst los registros tienen una composición similar a la de Puerto Vargas, con sólo un mes ecoseco en un lapso de 11 años y el vector dominante es el 11-1-0 con seis años, los otros vectores que presentaron: el 10-2-0 dos años y 12-0-0 y 9-3-0 por un año. En ambas localidades la ubicación del mes seco se situó entre los lluviosos, aunque los registros de Sixaola presentan mayor número de meses de transición, lo que podría asociarse a una tendencia hacia un período seco, aunque el lapso analizado no permite llegar a esa conclusión. Adicionalmente el análisis de los registros de precipitación y la construcción de los vectores permite apreciar que la duración (número de meses) secos se extiende a un máximo de 1 mes en varios años, la intensidad (extremos de precipitación) es más notoria para los meses lluviosos, en comparación con el grado de aridez (meses sin precipitación) que no se presenta; los que son criterios complementarios para la determinación de la ausencia de estación seca.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el mínimo de 30 mm de precipitación es función de las especies que caracterizan a ciertos tipos de vegetación tropical, que sistemáticamente fueron observadas en sus respuestas al déficit de humedad. Es necesario tomar en cuenta que la plasticidad de muchas de ellas es tan grande que pueden adaptarse rápidamente a cambios continuos si éstos se producen regularmente (Ewusie 1992), lo que implica que un análisis más profundo requeriría la determinación de nuevos rangos de referencia en función a la vegetación del lugar.

La importancia de establecer si hay cambios climáticos que afecten a la vegetación, radica en el hecho de que es afectada la actividad fenológica, particularmente la reproductiva, lo que implica afectar también las estrategias de las especies para su regeneración. Entre los mecanismos de control de los eventos fenológicos actúan también los “disparadores” de estas actividades, que en general van asociados a éstos cambios particularmente la presencia de épocas secas (Borchert 1980) de ahí parte la necesidad de analizar largos períodos de tiempo para confirmar si se producen regularmente, o si por el contrario son sólo una casualidad. De una manera complementaria al análisis de la precipitación, las observaciones de las comunidades vegetales pueden permitir sensibilizar la detección de cambios.

Una de las variables del estudio hace referencia a la iluminación, por lo que de manera complementaria se incluyó un análisis de horas de brillo solar en la región, que está caracterizada por alta nubosidad durante gran parte del año. La Figura 1 presenta la variación de horas de brillo solar a partir tres estaciones de registro en la región de Talamanca y una en la costa, al noroeste de allí.

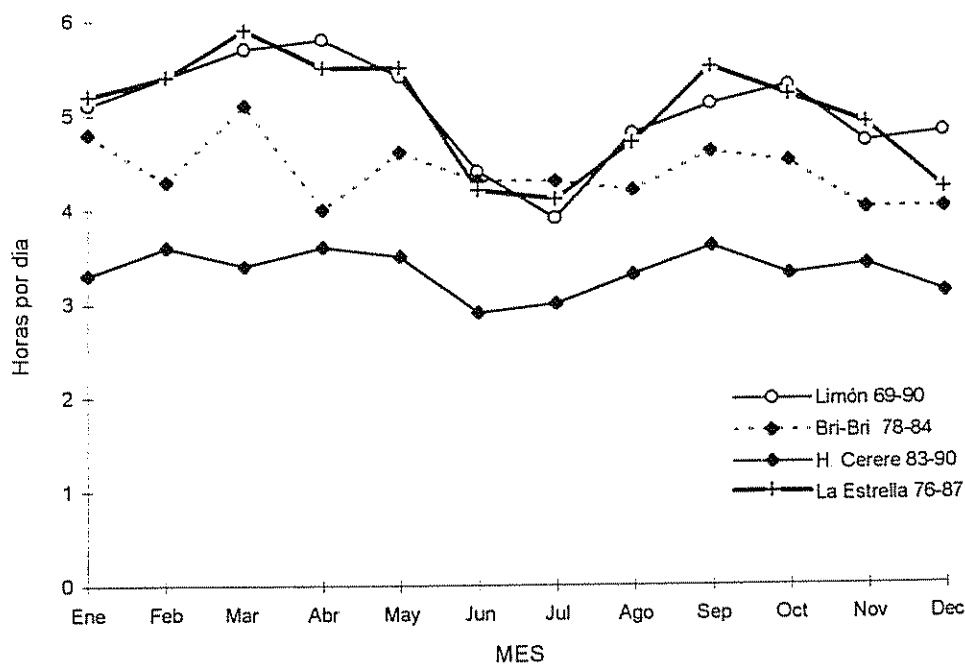


Figura 1. Brillo solar promedio en horas por día en la región de Talamanca y Puerto Limón, Costa Rica.



Como puede apreciarse, entre los meses de junio y agosto, en general la nubosidad es mayor, pero en el resto del año el brillo solar varía entre 4 y 6 horas por día en toda la costa. En Bri-Bri, la estación más próxima a la zona de trabajo, la diferencia entre los extremos es sólo de una hora. Lo que también permite apreciar que no hay grandes variaciones en brillo solar.

#### 4.2 La población natural

Para las evaluaciones de actividad reproductiva en población natural, hubo limitaciones para marcar individuos en la posición topográfica cima con máxima y mínima iluminación, en las tres clases diamétricas mayores. Lo que es concordante con lo manifestado por Ling (1995), que indica que en las cimas los diámetros de cuasia son menores.

Esta alteración producida por la escasez de diámetros mayores determinó que se aplicara el análisis de varianza para diseños no balanceados, pero manteniendo el modelo formulado en el que se plantea que la variable de respuesta seleccionada es producto de la sumatoria del efecto de las variables de condición de sitio, de tamaño y sus interacciones más la componente del error. Pero, para el análisis de la actividad reproductiva no todos los individuos presentaron las variables de respuesta, por consiguiente se discriminó la muestra identificando aquellos que florecieron y los que no; además de quienes floreciendo no fructificaron y quienes sí lo hicieron. Los grupos fueron calificados como individuos que iniciaron actividad ó activos y los no activos; dentro los primeros se encuentran el subconjunto de los activos efectivos o sea quienes produjeron frutos.

La Figura 2 presenta la distribución de individuos activos e inactivos, en función a su clase diamétrica y categoría de iluminación.

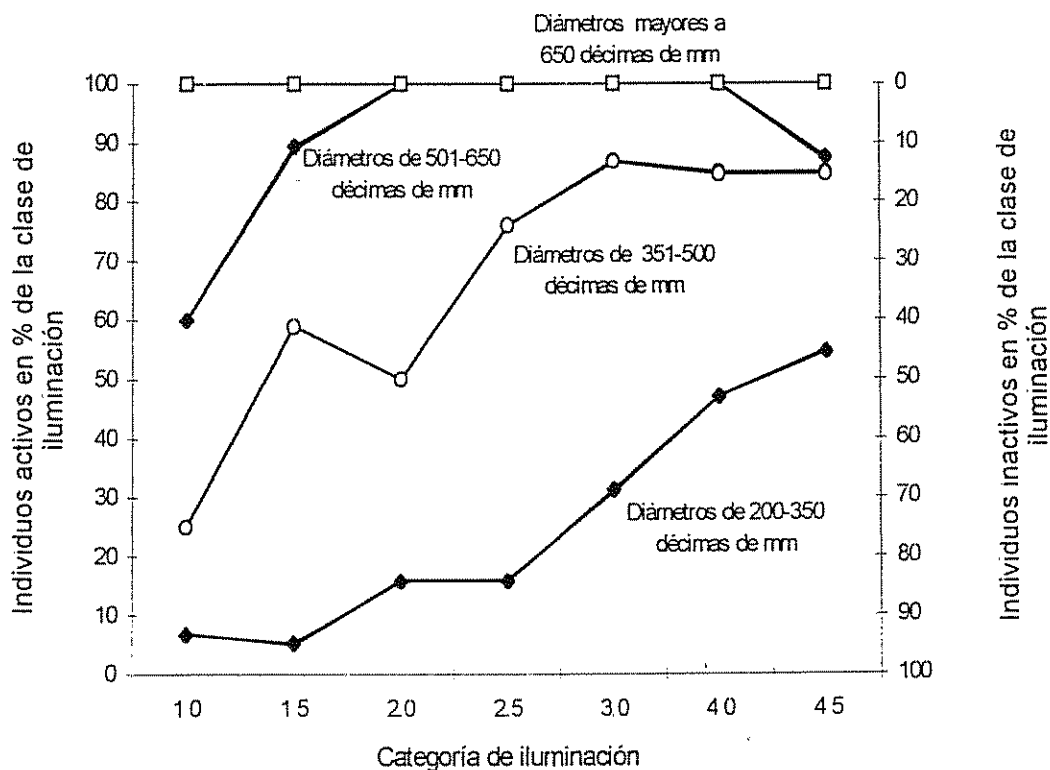


Figura 2. Distribución de individuos activos e inactivos por clase diamétrica y categoría de iluminación.

#### 4.2.1 La actividad reproductiva

La presencia de flores fue el primer criterio cuantificado para distinguir los individuos que iniciaron actividad reproductiva. Estos constituyeron el 68% del total de la muestra y su distribución se presenta en el Cuadro 6.

Esta distribución indica que la floración se produjo en todas las categorías de iluminación y en todas las clases diamétricas, lo que difiere de las observaciones de Villalobos (1995a) que afirmaba que solamente florecían los individuos con exposición solar directa. La topografía no tuvo significación estadística en la descomposición de la varianza, solamente la iluminación y la clase diamétrica determinaron grupos estadísticamente diferentes.

Cuadro 6. Distribución de individuos que florecen, en número y porcentaje, por clase diamétrica y categoría de iluminación

Clase diamétrica	ILUMINACION							Total
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	
200 - 350	1 (7)	1 (5)	3 (16)	3 (16)	5 (31)	8 (47)	6 (55)	27 (23)
351 - 500	4 (25)	13 (59)	9 (50)	19 (76)	13 (87)	11 (85)	11 (85)	80 (66)
501 - 650	6 (60)	17 (89)	17 (100)	15 (100)	12 (100)	13 (100)	7 (87)	87 (93)
651 +	5 (100)	9 (100)	18 (100)	14 (100)	25 (100)	14 (100)	14 (100)	99 (100)
TOTAL	16 (35)	40 (58)	47 (65)	51 (70)	55 (81)	46 (81)	38 (83)	293 (68)

Dentro del grupo activo, los diámetros mayores a 350 décimas de milímetro e iluminación creciente fueron los más frecuentes. Esto corrobora el criterio de que para cualquier especie, es necesario el transcurso de un tiempo - desarrollo antes de que pueda alcanzar la madurez sexual, este desarrollo es lo que le permite asignar una cantidad de recursos a la producción de órganos especializados, en contraposición al crecimiento vegetativo y formas de defensa contra depredadores (Thompson 1981). De los individuos con flores, el 12% no fructificó, lo que significa que no toda floración implica efectividad de la actividad reproductiva. El hecho de que se haya producido floración aún en las categorías de iluminación más bajas indica que la especie efectúa una óptima utilización de su energía, o que existen individuos maduros de crecimiento muy lento. Este hecho fortifica la suposición de que cuasia es eficiente para usar diferentes intensidades de iluminación, lo que fue confirmado por la producción de flores y frutos totales.

El análisis de varianza aplicado a los individuos que florecieron mostró que el modelo formulado es válido tanto para la producción de inflorescencias como para el total de flores producidas, con una probabilidad de error menor a 0.0001. En ambos casos la descomposición de las varianzas presentó diferencias significativas producidas por la iluminación y la clase diamétrica como factores independientes, con una probabilidad de error menor a 0.002 para la primera y 0.0001 para la segunda. Las categorías de iluminación 4.5 y 3.0 fueron significativamente diferentes de la demás, el promedio más alto de producción de flores por individuo fue para la categoría de iluminación 3.0 (Figura

3) con 1112.1 flores y el más bajo correspondió a la categoría 1.0 con 159.2 flores (Anexo 5A). En cuanto al efecto del tamaño, la clase diamétrica mayor fue estadísticamente diferente de las demás presentando 1427.8 flores promedio producidas por un individuo mientras que la clase diamétrica menor solo produjo 46.2 flores (Figura 4). La variable topografía no aportó significativamente a esta composición.

En cuanto a la fructificación, un primer análisis de la cantidad de infrutescencias producidas ratificó la alta significación del modelo formulado, siendo nuevamente muy baja la probabilidad de error: 0.0001

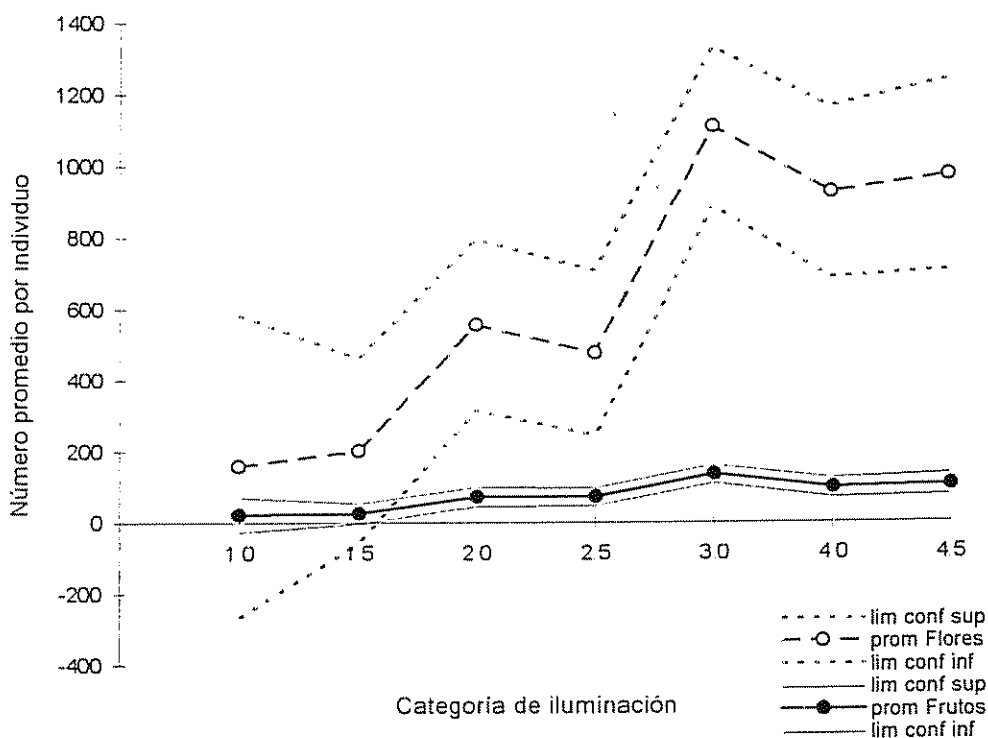


Figura 3. Producción promedio de flores y frutos por individuo, en función de la categoría de iluminación.

En la producción total de frutos verdes, la iluminación determina diferencias con una seguridad de 99,93% y la clase diamétrica con 99.99% . Los promedios de producción

de frutos verdes más altos fueron para la clase de iluminación 3.0 y la clase diamétrica 4 (Anexo 5B). con 134 y 161 frutos respectivamente y los más bajos correspondieron a la categoría de la iluminación 1.0 y clase diamétrica 1.0 con 21 y 4 frutos respectivamente, lo que puede observarse en la Figura 4.

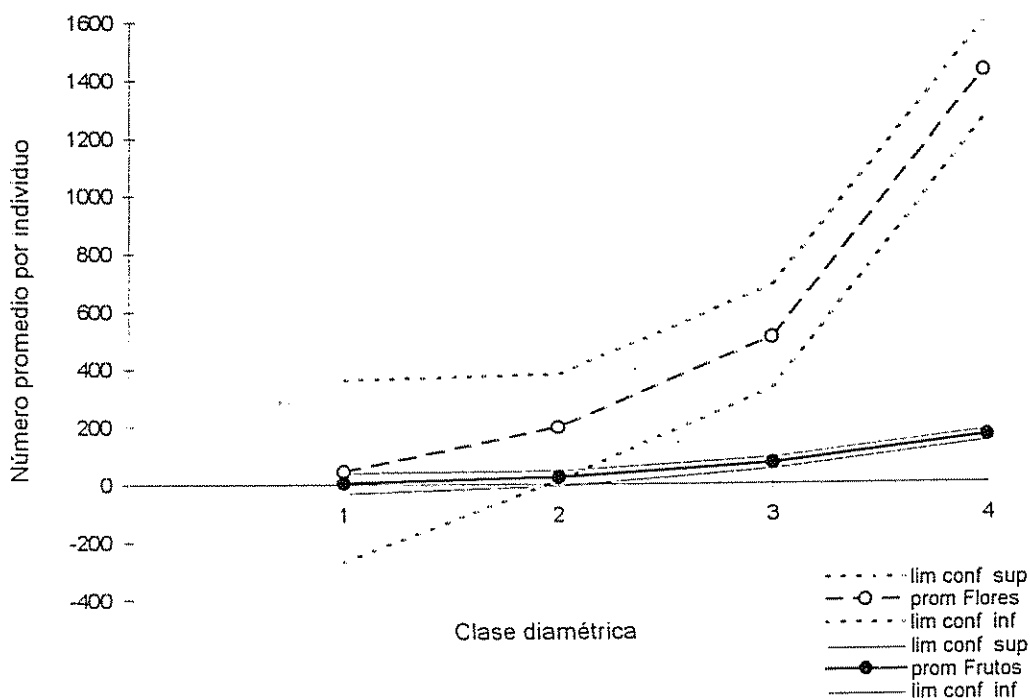


Figura 4. Producción promedio de flores y frutos por individuo, en función de la clase diamétrica.

Se debe resaltar que en la descomposición del modelo, la mayor varianza se atribuye al diámetro de los individuos, lo que sustenta nuevamente el hecho de que el mayor tamaño de los mismos permite garantizar la reproducción, pero es notorio observar como la producción de flores y frutos que es inicialmente incrementada por la exposición a la luz disminuye en las dos categorías mayores como son la 4.0 y 4.5. Una probable explicación puede encontrarse en la gran cantidad de flores y frutos que caen o se secan antes de concluir su ciclo, lo que fue observado en plantas de alta exposición a la luz, al punto de que tuvieron que ser excluidas del análisis las que presentaron mayor intensidad del síntoma por sospecharse de patología. En relación a esto el uso eficiente de

la energía es otro factor más en discusión por la proporción de flores y frutos que son capaces de completar su desarrollo en relación al total de botones y flores fecundadas, ya que el aborto de botones y flores podría no estar directamente relacionado con la presencia de insectos y aves "robadoras" de néctar, los que son frecuentes durante el período de floración (Roubik 1985), adicionalmente Augspurger (1983) indica también que la duración de la floración puede ser determinante en la oferta de oportunidades de polinización, en relación a su propio patrón de floración. En cuasia, éstos periodos pueden ser notoriamente modificados por la ocurrencia de lluvias fuertes que producen la caída prematura de botones. Además, se observo en los individuos de mayor iluminación frecuentes defoliaciones y nueva producción de hojas, lo que indudablemente produce en las plantas un estado de estrés y podría determinar cambios en el destino de energía.

La producción de flores de los individuos de mayor tamaño bajo las condiciones de iluminación mencionadas, podrían permitir la identificación de las que podrían constituirse en plantas madre para la colecta de semilla, tomando en cuenta que sólo el 12% de las flores producidas llegaron a desarrollar frutos del tamaño considerado como necesario para alcanzar capacidad reproductiva. El recuento de frutos en distintos estados de madurez, indicó que la frecuencia de aparición de frutos negros es muy baja (menor al 1% en promedio) , en comparación con los frutos verdes. Si la relación de color negro con la madurez óptima es correcta, tal como lo afirma Brown (1995), es probable que se produzca la caída de éstos en cortos periodos de tiempo, lo que impide su observación y recuento total.

#### 4.2.2 Duración de la actividad reproductiva

La duración de la floración también estuvo notoriamente influenciada por la iluminación y la clase diamétrica de los individuos, y las diferencias fueron altamente significativas con una probabilidad de error de 0.0001. Por efecto de la iluminación se diferenciaron presentaron cinco grupos diferentes tal como se presenta en el Cuadro 7. La floración más larga fue establecida para individuos de la categoría de iluminación 3.0 con 92 días, el periodo más corto fue de la categoría de iluminación 1.0 con 43 días.

Cuadro 7. Duración de floración y fructificación de *Quassia amara* en Kéköldi, en función de la iluminación

Categoría de Iluminación	Días de Floración *	Grupo Duncan	Días de Fructificación **	Grupo Duncan
3.0	92.9	A	109.6	A
4.0	85.7	AB	94.5	A
4.5	75.5	CB	93.2	A
2.5	71.1	C	93.2	A
2.0	66.7	CD	92.3	A
1.5	57.1	D	61.2	B
1.0	43.7	E	53.6	B

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

El tamaño tuvo también una influencia significativa en la duración de los períodos de floración y fructificación, siendo los más prolongados para las clase diamétricas mayores, tal como lo presenta el Cuadro 8.

Cuadro 8. Duración de floración y fructificación de *Quassia amara* en Kéköldi, en función del tamaño

Clase Diamétrica	Días de Floración *	Grupo Duncan	Días de Fructificación **	Grupo Duncan
4	93.0	A	116.1	A
3	75.6	B	90.4	B
2	59.5	C	72.8	C
1	43.1	D	43.3	D

\* Prob. >F 0.0001

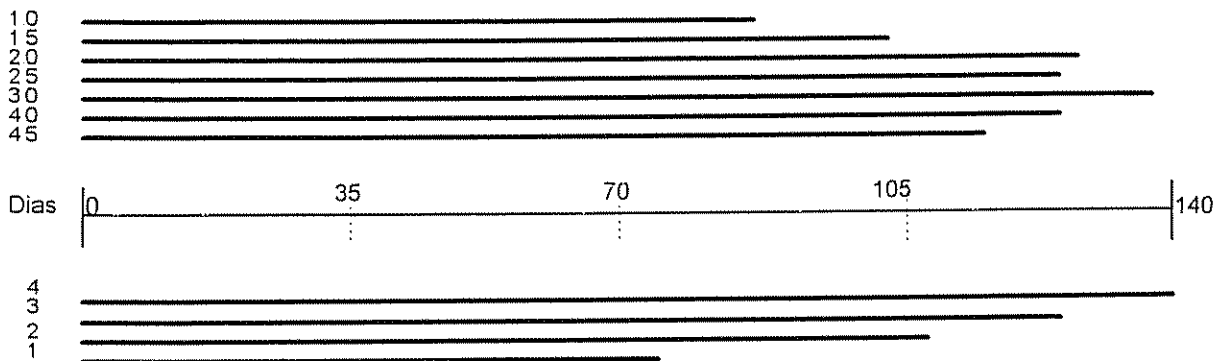
\*\* Prob. >F 0.0001

Esta variable de respuesta fisiológica podría variar de acuerdo a los estímulos ambientales presentes, tanto como por las condiciones a que estuvieron previamente sometidas las plantas. Kozłowsky (1997) indica que muchos efectos patológicos o de estrés son consecuencia de desbalances ambientales que afectan al crecimiento y producción de órganos de reproducción. En este caso, el efecto de lluvias fuertes o el debilitamiento de los órganos de soporte de flores y frutos, pueden haber afectado la duración de los períodos de floración y fructificación, que según Ling (1995) podría tener una duración mayor.

El análisis de varianza de los tiempos de duración total de la actividad reproductiva indicó el mayor efecto de las variables tamaño e iluminación, con un 99.99% de seguridad. El efecto de la ubicación topográfica no fue significativo, pese a que Collinet *et al* (1991) demostraron para el área de Talamanca notorias diferencias en la calidad de los suelos de acuerdo a su ubicación topográfica y Gentry *et al* (1987) observaron una estrecha relación entre la fertilidad del suelo y la actividad fenológica reproductiva de varias especies en diferentes tipos de bosque. La exposición a la luz produjo diferencias aunque menos claras que en los análisis de la duración de la floración y fructificación. La duración mayor presentó la categoría de iluminación 3.0 con 138.2 días y la menor se dio en la categoría 1.0 con 84 días. La influencia del tamaño es más definitiva ya que establece un grupo estadísticamente diferente para cada clase diamétrica. La clase diamétrica mayor fue la que duró más, casi el doble de la menor (Anexo 5D). La Figura 5 presenta la descripción de la duración de la actividad reproductiva total en Kéköldi. Ella permite apreciar que existe un periodo promedio de 30 días desde que aparecen los botones hasta tener frutos, y unos 43 días para que éstos lleguen al punto de madurez que determine su caída del árbol.

#### Efecto de la ILUMINACIÓN

Categoría de iluminación - Días de duración



Clase diamétrica - Días de duración

Efecto del TAMAÑO

Figura 5. Duración media de la actividad reproductiva de *Q. amara* en Kéköldi, Costa Rica.



Tanto las cantidades de flores como de frutos tuvieron altos coeficientes de variación, lo que es frecuente en poblaciones naturales, pero en el caso de la duración tanto de floración como fructificación la variabilidad fue menor. Dentro los periodos de floración se observó que el tamaño de flores producidas es notoriamente más baja al final del ciclo, lo que es explicable en términos de declinación de la actividad y energía destinada a la misma.

De acuerdo a este ciclo de evaluación cuasia florece una vez al año en el 99.6% de los casos, salvo el 0.4% de los individuos que tuvo floración permanente y correspondieron a plantas de alta exposición a la luz. Pero un patrón no puede ser definido mientras no se hayan producido suficientes años de observaciones

Con fines silviculturales, la colecta de los frutos podrían iniciarse, en promedio, a los 70 días después de iniciada la floración, en los individuos de la clase diamétrica mayor y bajo la categoría de iluminación 3.0

#### 4.2.3 El crecimiento

Existen diferencias fisiológicas entre plantas que han alcanzado la madurez sexual y las que aún no lo han hecho; esta diferenciación es importante para poder medir el crecimiento de una manera más precisa con objetivos de aprovechamiento sobre todo en población natural porque implica criterios de uso de energía para el desarrollo inicial, donde los que crecen son los más jóvenes, en comparación con las plantaciones donde los más pequeños son los individuos menos vigorosos

Los dos criterios más generalizados para medir el crecimiento en árboles son el incremento en diámetro y el incremento en altura (Prodan *et al* 1997).

##### *El incremento diamétrico*

El análisis de varianza aplicado sobre ambos subconjuntos mostró diferencias en las tendencias debido a la influencia de la iluminación, tanto en el crecimiento en

diámetro como en el incremento en altura, y un efecto significativo de la ubicación topográfica solamente en el incremento diamétrico de los individuos con actividad reproductiva. La Figura 6 presenta el efecto de la iluminación sobre el incremento diamétrico tanto para individuos activos como no activos.

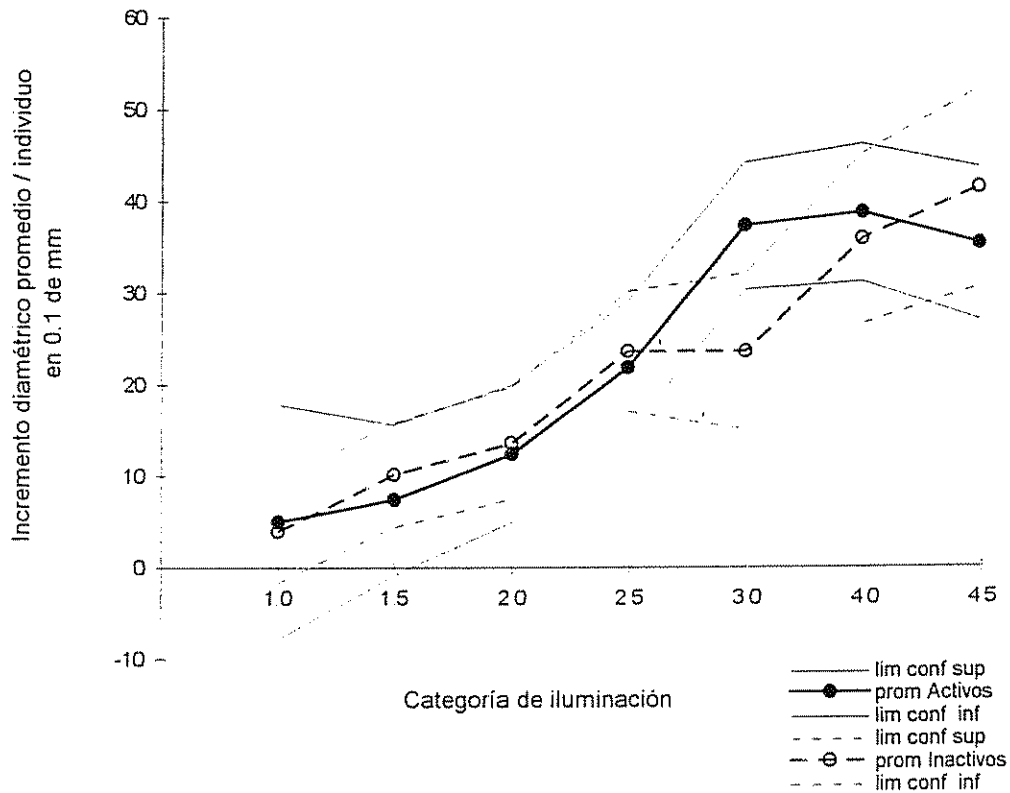


Figura 6. Efecto de la iluminación sobre el incremento diamétrico medio de individuos activos y no activos de *Quassia amara* en Kéköldi

Para los individuos activos, la descomposición de las varianzas estableció que la iluminación establece diferencias con una probabilidad de error del 0.01%, la topografía con 0.02% y la interacción iluminación por topografía con un 99.4% de seguridad.

Los promedios y sus límites de confianza muestran que el mayor incremento en diámetro presentaron los individuos de las categorías de iluminación 4.0 - 3.0 y 4.5 con

38.7 - 37.3 y 35.3 décimas de milímetro respectivamente, los que fueron estadísticamente diferentes de los demás (Anexo 5E). Se puede notar que la curva es muy similar a las de floración y fructificación, donde los incrementos son crecientes inicialmente, pero se produce un descenso en la máxima iluminación. En cambio, en el caso de los individuos que no han iniciado actividad reproductiva la tendencia del incremento es creciente de manera constante, con excepción de la categoría de iluminación 3.0

Al respecto Finegan (1996) menciona entre las gradientes ambientales que presenta la luz, como las de mayor importancia en la mayoría de los bosques de tierra firme, particularmente en aquellos donde los recursos del suelo no son limitantes para el crecimiento. Para cuasía esto fue corroborado por Villalobos (1995) que indicó que la tasa de crecimiento depende básicamente de la disponibilidad de luz y nutrimentos, donde los niveles de humedad son adecuados y Cifuentes (1996) que además de la tasa de crecimiento identificó el rebrote como dependientes de la luz. Adicionalmente, los incrementos diamétricos obtenidos por efecto de la variable topografía para los individuos activos, que se presentan en la Figura 7, son concordantes con los criterios mencionados.

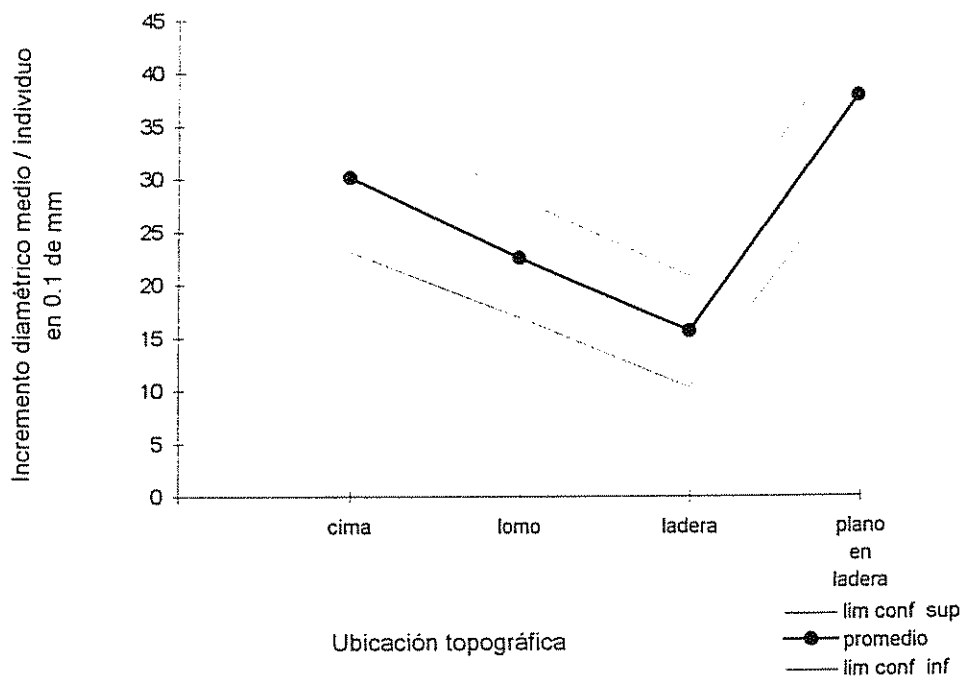


Figura 7. Efecto de la ubicación topográfica sobre el incremento diamétrico medio de individuos activos de *Quassia amara* en Kéköldi

Los mayores incrementos en diámetro se observaron en los individuos en las tres categorías de mayor iluminación, y situados en plano en ladera (Anexo 5E). Esta posición topográfica está tipificada por Cifuentes (1996) como una de las de mayor densidad de población de *Quassia amara* en la región de Río San Juan en Nicaragua. Consideraciones sobre la complejidad del crecimiento individual de árboles que hicieron Botosso y Vetter (1991) indican que éste es también dependiente de las condiciones hidrológicas del suelo: tipo de drenaje, profundidad, nivel topográfico y de las condiciones forestales entre ellas el taxon, el diámetro, la posición arquitectural y nivel silvogenético. Es necesario tomar en cuenta que la topografía es un compuesto de múltiples factores, entre los que se encuentran la pendiente, el suelo, su evolución, estructura y formación geológica. El efecto de la baja fertilidad del suelo en las laderas fue comprobado en relación al incremento diamétrico de *Gmelina arborea* en plantaciones por Stuhmann *et al* (1994), y probablemente los requerimientos nutricionales de cuasia son poco cubiertos en las laderas de Kéköldi.

Para fines de aprovechamiento de la población natural en Kéköldi, la propuesta formulada por Marmillod *et al* (1995) referente a la apertura de dosel para aumentar la cantidad de luz sobre cuasia podría ser la más adecuada para favorecer el crecimiento en diámetro, independientemente del tamaño del individuo. Quienes podrían ser más favorecidos serían los situados en ubicaciones topográficas favorables en términos de calidad de sustrato, como ser las cimas, lomos y planos, lo que también fue asegurado por Collinet *et al* (1990) en relación al uso de suelos en el área de Talamanca.

### *El incremento en altura*

El análisis del incremento en altura presentó mostró un efecto significativo de la iluminación dentro del modelo, tanto en activos como en no activos. Sin embargo, dentro de cada subconjunto no pudieron diferenciarse grupos estadísticamente diferentes tal como puede notarse en la Figura 8.

En los individuos inactivos, durante el año de medición se han encontrado incrementos negativos en las menores categorías de iluminación 1.0 y 1.5 al igual que en la mayor: 4.5 (Anexo 5F). Esto se debe a que en ambos casos los individuos han sufrido cambios de forma por la tendencia de sus ramas a abrirse en la copa (agobiamiento). Esta es una tendencia natural de la especie por sus características arbustivas, particularmente observadas cuando posee varios ejes. Pero también existen otros factores que pueden influir como ser la búsqueda de luz por los individuos en desarrollo, que al carecer de estímulo lumínico vertical directo, orientan sus ramas horizontalmente (plagiotropismo) o por el contrario, que disponiendo de abundante iluminación no requiera incrementar su altura y desarrolle lateralmente la copa. Este fenómeno, más acentuado en los individuos inactivos que en los activos, se debe probablemente a la cantidad de recursos que cada grupo asigna al crecimiento vegetativo y la defensa contra depredadores, que es total cuando no hay actividad reproductiva; lo que demuestra que una misma condición de sitio puede producir respuestas diferentes, dependiendo de la condición e historial del árbol (Kozlowsky *et al* 1997).

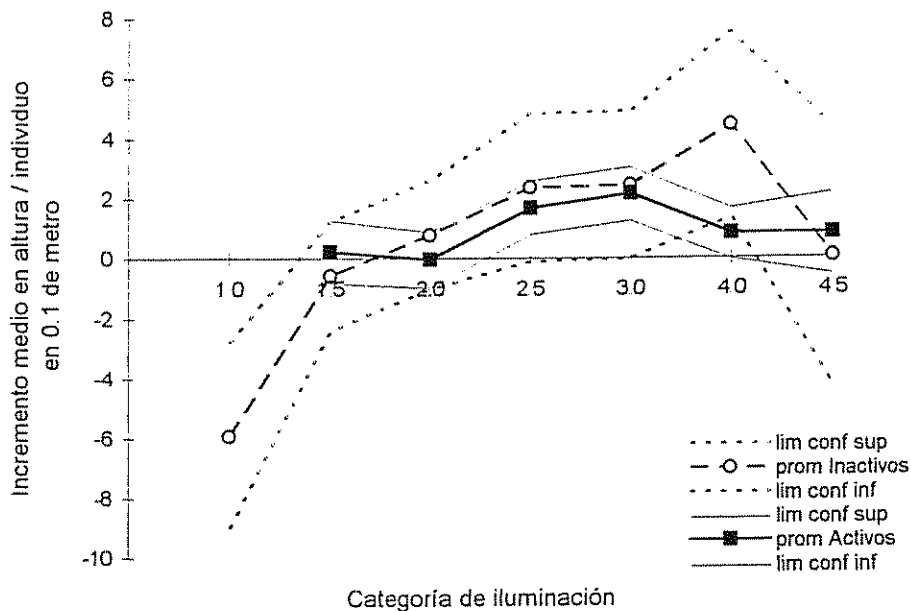


Figura 8. Efecto de la iluminación sobre el incremento medio en altura de individuos activos y no activos de *Quassia amara* en Kéköldi.

El incremento en altura, a pesar de ser un buen estimador del crecimiento en la generalidad de los árboles, en el caso de cuasia tiene las particularidades mencionadas que pueden apreciarse en la Figura 9. El 45% de individuos con actividad reproductiva se agobiaron, a lo que se suman la fragilidad de sus ramas, y la vulnerabilidad general al ataque de larvas perforadoras de los tallos tiernos, lo que produce el resecamiento y posterior quiebre de ápices. Estas pueden ser la causa de que el modelo planteado no tuviera la significación al mismo nivel que el incremento diamétrico.

### *La relación diámetro altura*

Con el propósito de efectuar comparaciones de las tendencias de individuos de similares condiciones de iluminación, en cuanto a su relación diámetro-altura, se aplicó el coeficiente de esbeltez. Una aplicación práctica del coeficiente de esbeltez es la estimación de la intensidad del crecimiento. Cálculos efectuados para varias especies de árboles tropicales permitieron establecer que la mayor intensidad de crecimiento se atribuye a las poblaciones jóvenes, con un coeficiente mayor a 100, el cual va disminuyendo a medida que madura el árbol (Oldeman 1974).

En el caso de cuasia, el análisis del subconjunto inactivo mostró dos grupos bien diferenciados por efecto de la iluminación, aunque ella no fue estadísticamente significativa: la categoría de iluminación 4.5 con el coeficiente 80.30 que fue el menor, y el resto de las categorías que formaron un solo grupo (Anexo 6A). La tres clases diamétricas formaron grupos estadísticamente diferentes. Estos resultados confirman lo ya observado en el análisis del crecimiento en altura, en relación a la variación de la orientación de las ramas en los extremos de iluminación, de lo que se podría deducir la llegada a su altura máxima.

Por su parte, el subconjunto activo mostró efecto tanto de la iluminación como del diámetro de los individuos. La iluminación no permitió diferenciar grupos como el diámetro (Anexo 6A), en los que la clase diamétrica menor presentó el mayor coeficiente de esbeltez: 111.5

Una utilidad de la aplicación del coeficiente radica en la obtención de una aproximación al momento en el que las plantas con o sin actividad reproductiva, debido a su arquitectura de crecimiento y de acuerdo al grado de exposición a la luz, dejan de incrementar su altura. Dentro de la planificación del aprovechamiento, este puede ser un factor que permita estimar el crecimiento en altura en la población natural.

### *Análisis de copas*

Para el análisis de copa se agruparon los individuos pertenecientes a las dos clases diamétricas mayores: la de 501 a 650 décimas de milímetro y mayor a 650. El mencionado análisis tuvo tres componentes: el área de proyección sobre el plano horizontal, la forma de la copa y la densidad del follaje.

El análisis de varianza del área mostró diferencias establecidas por el modelo con 99.99% de seguridad; las que en su componente mayor se atribuyen a la clase diamétrica; y a la iluminación con una probabilidad de error menor a 0.0008. Por efecto de la iluminación, la mayor superficie de cobertura la estableció la categoría de iluminación 3.0 con un promedio por individuo de 874.46 dm<sup>2</sup> y las superficies menores la categoría de iluminación 1.0 con 518.32 dm<sup>2</sup> (Anexo 6B). Por efecto del tamaño, cada clase diamétrica determinó un grupo estadísticamente diferente. El mayor diámetro tuvo el área de cobertura mayor. Las copas de superficie mayor fueron elípticas y densas. En cambio, los individuos de menor iluminación tuvieron como forma de copa más frecuente la cilíndrica, éstas fueron ralas y de menor superficie de proyección.

La forma de copa fue sometida a un análisis de frecuencias en relación a las categorías de iluminación, determinando que 27% de los árboles tienen copa elíptica, 23% copa triangular, 21% copa cilíndrica, 18% copa agrupada y 11% copa redonda. La categoría de iluminación 3.0, fue la que tuvo la mayor frecuencia de copas elípticas: 49% y la categoría de iluminación 2.5 tuvo la mayor frecuencia de copas columnares: 34%. La categoría de iluminación más baja tuvo como copa más frecuente a la columnar o cilíndrica con 29%. Los criterios de selección de las formas de copa se efectuaron sobre observaciones preliminares en bosque, las mismas que aparentan guardar relación con la

tendencia a captar la luz, en algunos casos horizontalmente como la elíptica el triángulo invertido y la agrupada (Anexo 3A) en otro lateralmente como la cilíndrica y cuando la captación es de todas direcciones tiende a ser redonda.

La densidad del follaje analizada también en función de la iluminación, presentó un 77% de copas ralas y 23% de copas densas. La mayor proporción de copas ralas corresponden a la categoría de iluminación 1.5 con 90%, y el mayor porcentaje de copas densas a la categoría 3.0 con 35%. Este análisis se efectuó en el entendido de que un individuo de las características de cuasia, que se encuentra en el estrato inferior del bosque, podría reflejar parte o toda su historia en el desarrollo de la copa. Hallé *et al* (1978) indican que la forma de la copa en relación al tallo puede diagnosticar la sincronía en el crecimiento. Por otra parte, la superficie de cobertura también cumple una función, y por lo observado las formas de mayor superficie horizontal se dan en sitios donde las puede captar la energía de esta forma, mientras que donde la iluminación tiende a ser muy escasa o de proyección lateral el individuo desarrolla en altura.

#### 4.3 Las Parcelas Permanentes

Con base en los resultados obtenidos en población natural y considerando que las plantaciones se establecieron en áreas relativamente uniformes en topografía, se modificó el modelo propuesto inicialmente planteando solo la variable iluminación como condición de sitio, la clase diamétrica como variable de condición del individuo y su interacción.

$$X_{ij} = X + A_i + B_j + A_iB_j + E$$

donde se supone que las variables de respuesta de cada unidad experimental son expresión de su condición propia, afectada por la sumatoria de los efectos de las variables en estudio: la iluminación A, la clase diamétrica del individuo B, la interacción de ambas AB, más el error del ensayo. El Cuadro 9 presenta un resumen de resultados en parcelas permanentes, para las principales variables de respuesta, a efectos de comparación entre ellas.



En las plantaciones el 71.38% de los individuos están reproductivamente inactivos y su actividad de crecimiento en diámetro se mostró afectada por la iluminación y el tamaño. Dentro de las parcelas la gradiente de iluminación es menor por lo que disminuye el número de categorías y en este subconjunto se agrega una clase diamétrica menor a 200 décimas de milímetro, que evidencia la existencia de individuos muy poco desarrollados. Por efecto de la iluminación el mayor incremento diamétrico medio lo estableció la categoría 3.0 con 48.50 y el menor la categoría 1.5 con 19.64 décimas de milímetro (Anexo 7A). Por efecto del tamaño, la clase diamétrica de 200 a 350 décimas de milímetro presentó el incremento de 43.3 y la clase diamétrica menor a 200 décimas de milímetro, presentó 28.11 a pesar de ello no se diferenciaron grupos estadísticamente diferentes. El incremento en altura a pesar de mostrar grandes variaciones entre extremos de las variables, y tener efecto significativo debido a la iluminación, tampoco diferenció grupos específicos (Anexo 7C). Los incrementos más altos se dieron en la categoría de iluminación 3.0 y clase diamétrica de 200 a 350 décimas de milímetro con 67.4 y 50.0 decímetros respectivamente, los menores en la categoría de iluminación 1.5 y clase diamétrica de 351 a 500 décimas de milímetro con 31.8 y 35.4 decímetros respectivamente.

El subconjunto de individuos activos fue el 28.61% del total, los que estuvieron distribuidos en cuatro categorías de iluminación: 1.5 - 2.0 - 2.5 y 3.0; y cuatro clases diamétricas mayores a 200 décimas de milímetro. La primera variable de respuesta analizada fue la producción de inflorescencias. Esta actividad muy clara en la población natural fue más difícil apreciar en las parcelas en cuanto a cantidades de flores totales, ya que éstas se observaron durante muy cortos periodos de tiempo. El análisis de varianza mostró la influencia de la iluminación y del tamaño aunque con probabilidades de error de 37.6 y 62.9% respectivamente, por ello no se detectaron diferencias significativas (Anexo 7B). Una causa probable de este resultado puede ser la acción de las lluvias, pese a la protección del dosel y otra probable es la caída de flores y frutos, en apariencia debido a la debilidad de los raquis y pedúnculos (Brown, 1995), que fue observada en la población natural. La caída prematura de flores y frutos también es evidenciada por la carencia de regeneración natural en las proximidades.

Cuadro 9. Resumen de resultados en parcelas permanentes y población natural en Talamanca, Costa Rica

Número de parcela	UBICACION	Edad (años)	Illum. promedio	V A R I A B		L E S		Coeficiente de Esbeltez (%)		
				Clase diamétrica. (0.1 mm)	Número de Inflorescencias PPC	Incr. Diamétrico (0.1 mm) PPC	Pob nat	PPC	Pob nat	
1	Kéköidi	s/d *	2.0	201-350	0.3	1.0	18	21	104.2	121.0
9	Kéköidi	6.75	2.5	201-350	6.7	4.0	54	18	113.9	116.5
7	San Rafael de Bordón	5.16	2.5	351-500	18.9	21.4	70	25	78.1	91.8
8	San Rafael de Bordón	5.25	2.0	001-200	0.0	---	29	---	126.7	---
5	San Miguel de Sixaola	5.08	2.5	351-500	3.5	21.4	62	25	108.9	91.8
6	San Miguel de Sixaola	5.08	2.5	351-500	9.8	21.4	91	25	48.9	91.8
3	San Miguel de Sixaola	4.41	2.0	001-200	0.0	---	33	---	126.2	---
4	San Miguel de Sixaola	5.00	2.0	201-350	0.9	1.0	53	21	117.9	121.0
2	San Miguel de Sixaola	4.25	2.0	001-200	0.0	---	52	---	112.3	---

\* sin determinar

El incremento diamétrico en el subconjunto activo fue significativamente afectado por la iluminación, el tamaño y la interacción iluminación por tamaño, aunque tampoco pudieron diferenciarse estadísticamente en grupos (Anexo 7A). El máximo incremento por efecto de la luz lo estableció la categoría de iluminación 2.5 con 69.9 décimas de milímetro y la mínima la categoría 2.0 con 45.9 décimas de milímetro. Por efecto del tamaño, la clase diamétrica de 350 a 500 décimas de milímetro presentó el mayor incremento con 70.1 décimas de milímetro y el menor fue de 31.7 para la clase diamétrica de individuos mayores a 650 décimas de milímetro. En cuanto al incremento en altura pese a que el modelo mostró influencia de la iluminación por encima del tamaño, estadísticamente no se diferenciaron grupos (Anexo 7C). Los incrementos sobresalientes se dieron en la categoría de iluminación 2.5 y clase diamétrica de 200 a 350 décimas de milímetro con 56.5 y 55.3 decímetros respectivamente en comparación con 29.59 y 11.5 decímetros de la categoría de iluminación 2.0 y clase diamétrica mayor a 650.

Al margen de la diferenciación entre individuos que han iniciado su actividad reproductiva y los que no lo han hecho, en las variables de respuesta analizadas no se dan diferencias de significación estadística, lo que es normal en plantaciones debido a la uniformidad del material de siembra y de edad, aunque a nivel de micrositio si es posible discriminarlos por su iluminación. Los coeficientes de esbeltez promedio de las plantaciones estuvieron por encima de las 100 veces la relación altura-diámetro (Figura 9), lo que de acuerdo a Oldeman (1974) indicaría que aún están en desarrollo salvo la parcela establecida en claro de bosque (número 7) de San Rafael de Bordón. Esta parcela con un coeficiente 78.1 parece haber disminuido su ritmo de crecimiento, aunque por otra parte posee la mayor actividad reproductiva en cuanto a la producción de flores y en consecuencia asigna una cantidad de recursos a fines diferentes del crecimiento.

La Figura 10 ilustra la variación de los incrementos diamétricos de dos años consecutivos en las mismas parcelas, en función de la iluminación. La información detallada de las evaluaciones por parcela se presenta en el Anexo 8A.

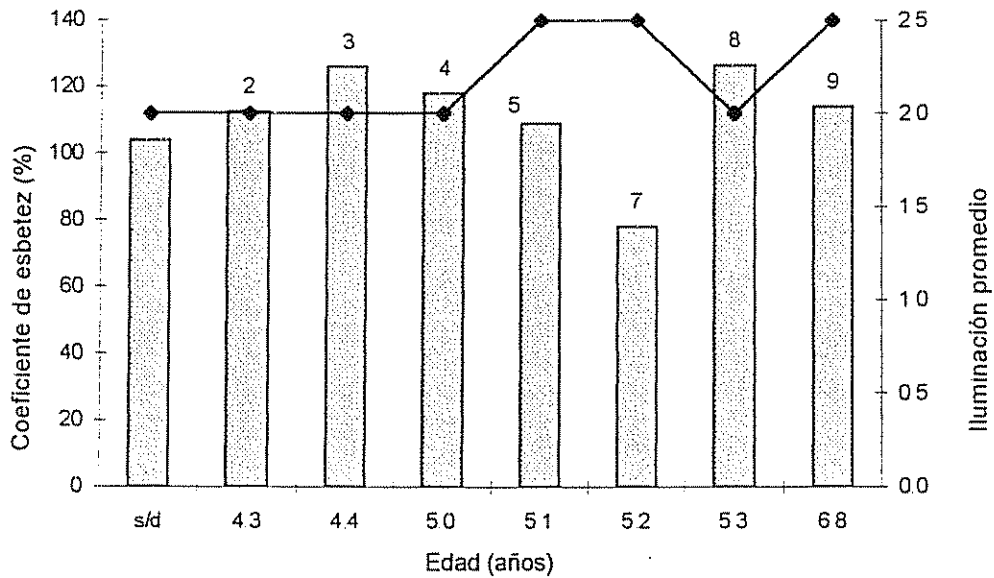


Figura 9. Coeficiente de esbeltez, edad e iluminación de las parcelas permanentes en Talamanca, Costa Rica

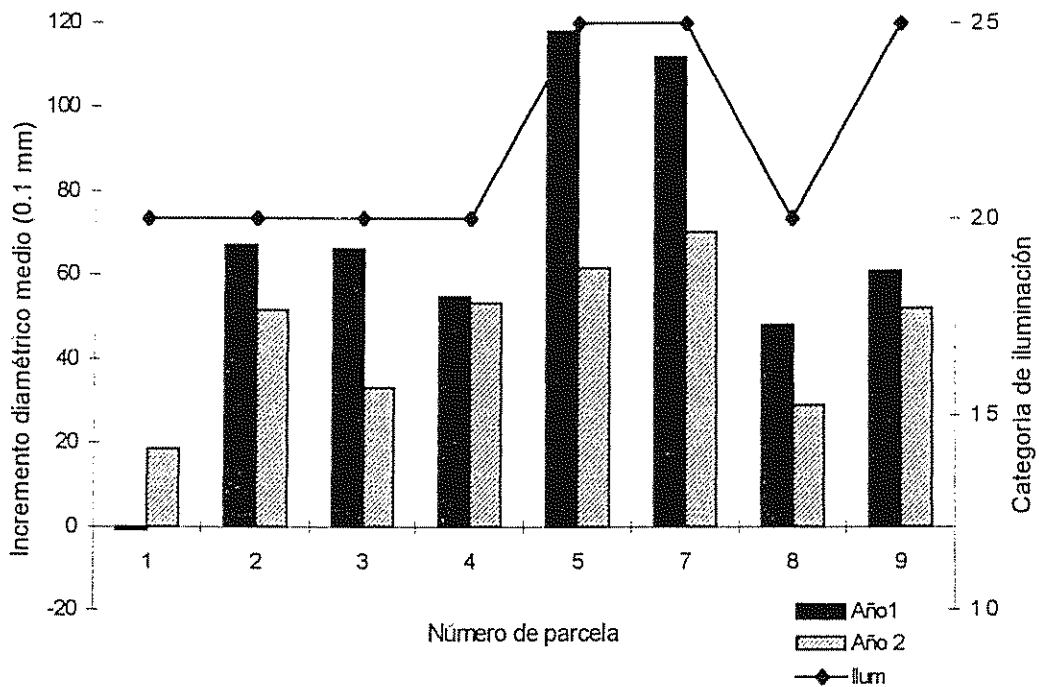


Figura 10. Incremento diamétrico de 1er y 2do año de crecimiento en parcelas de *Quassia amara* en función de la iluminación, en Talamanca, Costa Rica.

Como puede observarse en la Figura 10, el incremento diamétrico promedio por parcela fue notoriamente más alto el primer año y podría indicarse que guarda relación con la iluminación ya que en las plantaciones sí es posible mantener una relativa uniformidad de la misma con actividades silviculturales. La excepción lo constituye la parcela del bosque natural en Kéköldi, que en términos de medida de la iluminación puede ser sobrestimada en función de las lecturas individuales de las plantas, que no tiene distribución uniforme como en las plantaciones, ni la edad de las plantas es conocida. El segundo año el incremento diamétrico disminuyó y este resultado puede deberse a influencia climática como la abundancia de lluvias, pérdida de nutrientes del suelo por lavado, o una disminución general de la intensidad de crecimiento después del cuarto año de plantación por estar iniciando actividad reproductiva. En cuanto al incremento en altura es notorio como en la parcela más joven el crecimiento en altura es mayor que en las más viejas (Figura 11) a similares condiciones de iluminación, lo que es confirmado por el análisis del conjunto total en relación al efecto de la misma (Anexo 7C).

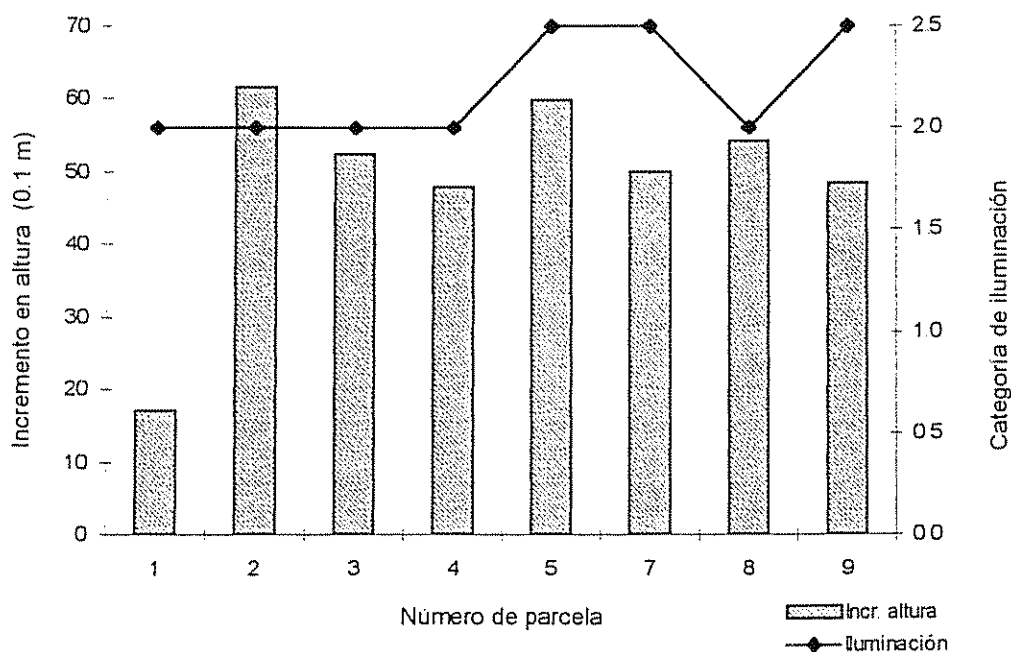


Figura 11. Incremento en altura en función de la iluminación, en parcelas de *Quassia amara* en Talamanca, Costa Rica.

Los resultados presentados permiten apreciar que en las parcelas permanentes la cuantificación de la actividad reproductiva requiere de intervalos de medición menores a 40 días, para determinar exactamente producción de flores y frutos además de la duración de la actividad reproductiva por año. Las lluvias son un factor importante en la pérdida de éstos órganos, antes de completar su desarrollo. Los incrementos en diámetro y en altura si bien son notorios entre categorías de iluminación, no son estadísticamente diferentes. La variación de las condiciones de sitio dentro parcelas es menor dentro las plantaciones que en el bosque natural. Se requiere de más años de medición para determinar la causa real de las variaciones en el crecimiento, acompañadas de la información meteorológica.

#### 4.3.1 Comparación entre la Población Natural y las plantaciones

Las comparaciones que han podido efectuarse corresponden a la actividad reproductiva, el incremento en diámetro y el incremento en altura en relación a la iluminación y el tamaño ya que la variación de topografía no es apreciable en las parcelas, salvo en la de bosque natural. El número de categorías de iluminación en plantaciones es menor, pero en la variable tamaño se aprecia una clase diamétrica más menor a 200 décimas de milímetro, la que en la población natural de Kéköldi no fue tomada en cuenta.

Las diferencias más notorias se dan en la producción de inflorescencias que fue tomada como indicador de inicio de actividad reproductiva, que es más alta en población natural en similares condiciones de iluminación y tamaño (Anexos 7B y 5A). Se observaron individuos activos a partir del diámetro 200 a 350 décimas de milímetro como en la población natural, y también en categorías de iluminación bajas tanto en la parcela de bosque natural como en las plantaciones al igual que en la población natural. Probablemente la diferencia más grande se encuentre en la duración de la actividad reproductiva, debido a que en plantaciones la caída de flores se produce con mayor intensidad que en la población natural, al punto de haberse podido observar en una sola evaluación. El tipo de protección del dosel y de la vegetación periférica podría ser también otro factor que influye en la caída de las flores, aparte de la natural fragilidad de la especie (Brown 1995).

El incremento diamétrico para el año de estudio en los individuos de población natural fue mucho menor que en las plantaciones, en similitud de condiciones (Anexos 5E y 7A) y en ambas crecieron más los individuos inactivos que los reproductivamente activos. En cuanto al incremento en altura también en las plantaciones éste fue mayor que en la población natural (Anexos 5F y 7C) en individuos pertenecientes a la misma categoría de iluminación, de similar tamaño y de igual manera los inactivos tuvieron los mayores incrementos. La tendencia de las plantas a agobiarse no es tan notorio en plantaciones como en la población natural, esto puede deberse también a que el crecimiento en altura es en comparación con el agobiamiento mucho mayor, y no llegan a registrarse alturas negativas.

Los coeficientes de esbeltez de la población natural y plantaciones, a similares condiciones en iluminación y tamaño difieren siendo mayores los de las parcelas. Estas diferencias ya fueron mencionadas en el análisis del incremento en altura de las plantaciones, al igual que la menor tendencia de los individuos de a agobiarse. De acuerdo a lo observado, la tendencia natural de la copa a abrirse y probablemente una menor intensidad del crecimiento en altura es menos evidente en este momento en las parcelas.

El análisis efectuado para las plantaciones estableció que dentro parcelas no se han diferenciado variaciones de topografía pero sí entre ellas, y los mayores incrementos diamétricos en el año de medición 1996-1997 se registraron en dos parcelas en ladera a pesar de que está considerada como la ubicación topográfica menos favorables para *Quassia amara* en población natural (Anexo 5E). Cifuentes en 1996 y Villalobos en 1995, hicieron énfasis respecto a la importancia de la condición de sitio posición topográfica para la densidad de población y distribución de la *Quassia amara*, pero evidentemente se requiere efectuar investigaciones más precisas en relación a la calidad y dinámica de suelo, ya que se demostró que un nivel adecuado de humedad al igual que un buen drenaje favorecían su desarrollo.

#### 4.4 Valoración de la calidad fisiológica de la semilla

La planificación del estudio de valoración de la semilla se basó inicialmente en determinar la germinación en función de las mismas variables sujetas a estudio en la población natural. Sin embargo, la falta de relación directa entre la variable posición topográfica y la fisiología de la reproducción así como las limitadas cantidades de semilla disponibles para las pruebas, obligaron a la reformulación de las prioridades de investigación. El establecimiento de la capacidad reproductiva de las semillas constituye un dato importante en el manejo de las poblaciones y su regeneración natural, por lo que examinando los datos fenológicos tomados hasta el momento y basada en la aseveración de que el grado de exposición a la luz podría influir en la regeneración natural (Villalobos 1995) se planteó establecer si la iluminación de las plantas madre podría ser una causa probable de variaciones de la capacidad germinativa de la semilla.

Los resultados se presentan en tres grupos: el primero de caracterización de frutos y semillas, el segundo de pruebas de germinación por color y determinación de la influencia de la variable iluminación de las plantas madre en la germinación y tercero la optimización de la misma.

##### 4.4.1 Caracterización de frutos y semillas

Se requiere un buen entendimiento de los procesos fisiológicos de la semilla para la aplicación de métodos adecuados en su manipulación (Jara 1996). Para lograr este objetivo el primer paso, de acuerdo a las normas ISTA para semillas forestales, es la caracterización.

Los resultados de la caracterización (Anexo 9A) fueron sometidos a pruebas T de comparación de dos muestras, habiéndose establecido que:

1. Entre frutos verdes y negros, con el receptáculo adherido, la medida del largo, ancho y grosor son estadísticamente diferentes con una probabilidad de error menor al 0.05. El peso de los frutos se estableció con y sin apocarpo, encontrando que el peso del



mismo representa un 38.6% del peso del fruto negro y un 26.7% del peso del fruto verde. En ambos casos, además del número de semillas por fruto, las diferencias fueron altamente significativas, sin probabilidad de error.

2. Entre semillas negras y verdes se estableció que, mientras en la medida del largo existen una probabilidad de error de 39.43% en afirmar que los promedios de las dos poblaciones sean diferentes, en el ancho, grosor y peso sí se encuentran diferencias significativas con una probabilidad de error menor al 1.0% .

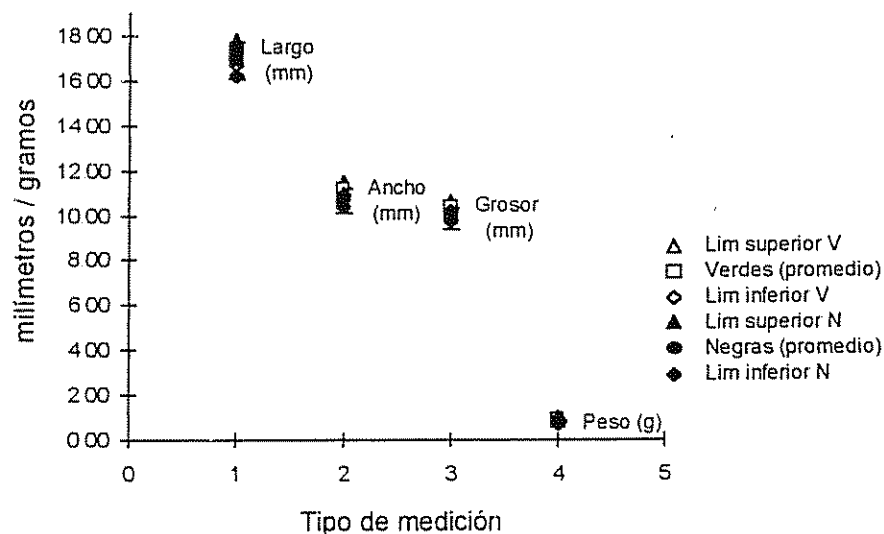


Figura 12. Promedios y límites de confianza en medición de semillas verdes y negras de *Quassia amara*, procedentes de Kekoldi, Talamanca, Costa Rica

A pesar de que estadísticamente las diferencias son significativas, la escala de la medida no permite una diferenciación visual aparte del color, ello puede apreciarse en la figura 12, en la que se presentan los promedios de las medidas de longitud y el peso y sus límites de confianza.

De una manera complementaria a la caracterización se efectuaron observaciones macroscópicas de semillas y plántulas, las que se presentan en la figura 13.

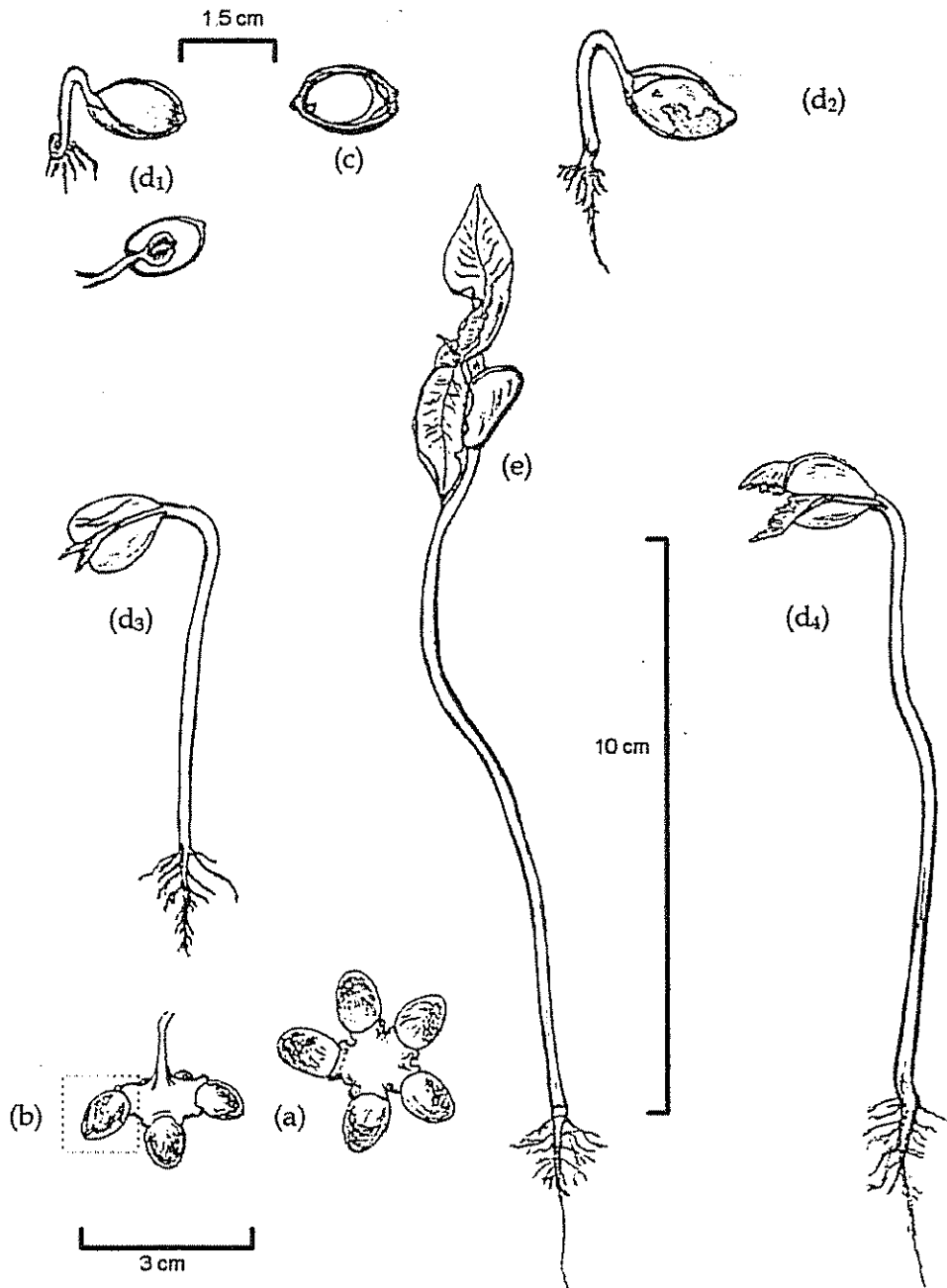


Figura 13. Frutos (a), semilla (b), corte transversal de la semilla (c), semillas de *Quassia amara* en diferentes etapas de la germinación (d) y plántula (e).

Al margen de ser una rutina en el protocolo de valoración, una de las razones por las que se caracterizaron frutos y semillas verdes y negros fue la de identificar morfológicamente alguna característica que permitiese diferenciar estados de madurez que pudiesen relacionarse con su capacidad germinativa. Esta determinación es de importancia para el desarrollo de actividades de colecta y siembra de semillas para favorecer la regeneración.

Por los resultados encontrados (Anexo 9A), sí existen diferencias estadísticamente significativas entre semillas verdes y negras pero que no se evidencian salvo por el color. Sin embargo el cambio de color podría ser producto de una rápida oxidación y no necesariamente ello implicaría capacidad germinativa, de allí la necesidad de establecer la importancia del color de la semilla en la germinación .

#### 4.4.2 Pruebas de germinación por color

Los resultados correspondientes a las pruebas de germinación de semillas verdes, negras, rojas y verde-negras, como parte de la identificación de las mejores semillas para siembra, se sometieron a análisis de varianza con una prueba Tukey de comparación entre pares de variables. Estas prueba determinaron que existen diferencias altamente significativas para la variable color de semilla con una probabilidad de error menor al 0.001, pero el coeficiente de variación fue muy alto reflejando la variabilidad de la germinación aún dentro de tratamientos del mismo color. Germinaron semillas verdes, negras y verde-negras (Anexo 9B). La prueba de Tukey mostró que las diferencias más grandes se las establece entre semillas verdes y verde-negras mientras que las menores diferencias se encuentran entre verde-negras y negras, las rojas no germinaron en ningún caso. De acuerdo a Brown (1995) los frutos negros son considerados como maduros y la semilla tiene carácter recalcitrante no pudiéndosela conservar por más de un mes, en cambio Ocampo *et al* (1995) efectuaron pruebas con semillas negras sembrándolas hasta durante ocho semanas obteniendo porcentajes de germinación mayores a 80% , por ello podría suponerse que las combinaciones de color más próximas al negro estarían más maduras, pero no descarta que los frutos verdes tengan capacidad germinativa. Por ello, habiendo establecido que el porcentaje de germinación promedio en esta prueba fue de

23% , muy bajo para los antecedentes de cuasia, se podría suponer que obedece a la influencia de condiciones poco apropiadas para la germinación.

Observaciones de cortes de los frutos permitieron identificar diferencias de apariencia de las semillas sometidas a germinación por color, habiéndose encontrado que: 96% de los frutos rojos poseían pulpa delgada y no estaban interiormente desarrollados pese a haber alcanzado su tamaño máximo por lo que se supone que la coloración obedece a una pigmentación producto de algún estímulo bioquímico por incidencia directa de rayos solares sobre órganos en crecimiento, el 4% restante estaban bien desarrollados. Esta pigmentación también fue observada en hojas nuevas en crecimiento con variación de la intensidad del tono de rojo. Estos resultados descartan la afirmación de Brown (1995) respecto a que los frutos rojos son una etapa de maduración entre los frutos verdes y negros. Los frutos verdes del mismo tamaño, en 98% de los casos estaban interiormente completamente desarrollados. Estos, así como los negros presentaban un mesocarpo esponjoso en casi toda la drupa con excepción del punto de unión con el receptáculo que era blando y amarillento, tenían testa endurecida y en su interior claramente diferenciables se encontraron el tegumento, los cotiledones y el embrión. La estructura descrita se presenta en la Figura 13b, en ella puede notarse la zona superior distal al embrión, en contacto con el receptáculo, un sector de tejido de consistencia diferente y abundante en comparación con el resto del fruto. Este tejido es de color amarillo oscuro y de consistencia suave en los frutos negros; pero desde verde a diferentes tonos de amarillo claro y con resistencia al corte en los frutos verdes. El resumen de las observaciones se presenta en la figura 14.

Aunque con bajo porcentaje, se estableció la capacidad germinativa de los frutos verdes (Anexo 9B), y negros. Sin embargo la frecuencia de observación de frutos negros en los árboles es muy baja para ser tomada en cuenta como fuente de semilla con fines silviculturales, por lo que se efectuaron observaciones más detalladas del proceso natural de germinación en el bosque. Estas se efectuaron en el entendido de que la existencia de regeneración en claros, mencionada por Marmillod *et al* (1995) y observaciones *in situ* en áreas sombreadas, insinuaban una buena producción de semilla viable. Para completar

las observaciones se colectó también semillas caídas al pie de los árboles. El resultado de las mismas se presentan en la figura 15.

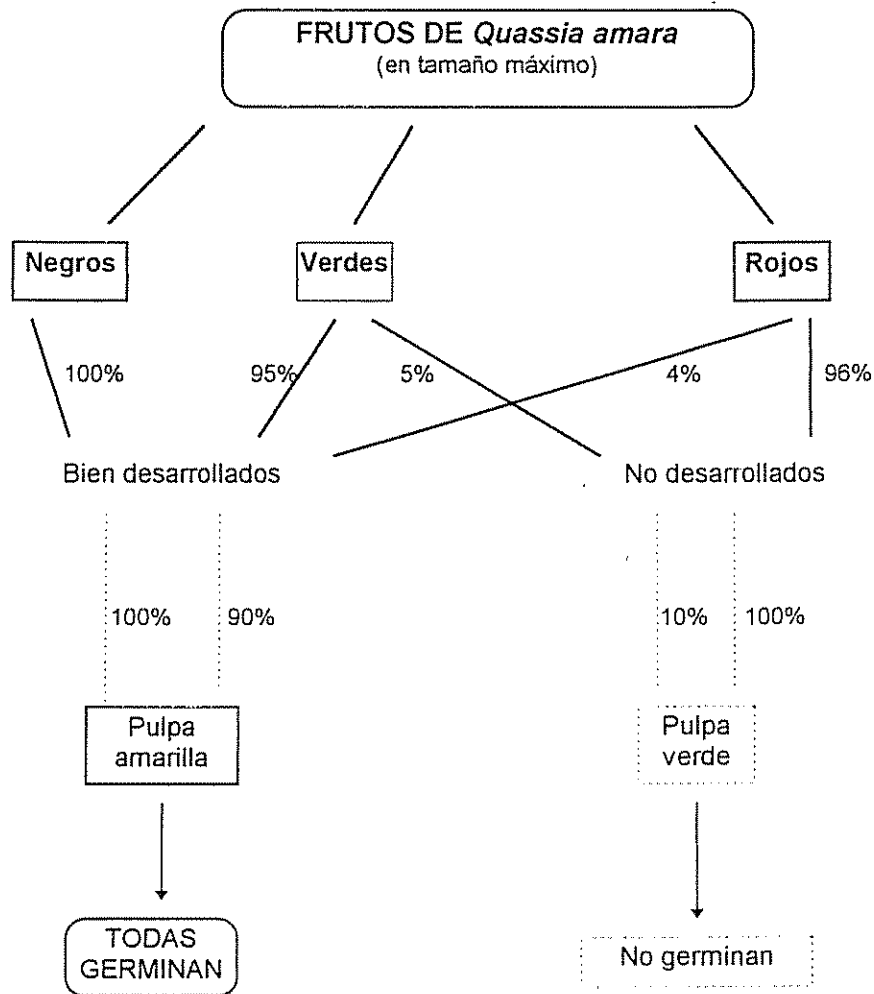


Figura 14. Color de semillas de *Q. amara* procedentes de Kéköldi, en relación a su desarrollo y capacidad de germinación.

Las observaciones indicaron que tanto frutos negros como verdes caen al suelo con madurez suficiente para germinar, pero sufren un proceso en el substrato que es el que podría facilitar la germinación, y siendo los frutos verdes los más abundantes son considerados como la opción más conveniente.

Las pruebas de laboratorio permitieron caracterizar frutos y semillas que por los antecedentes bibliográficos tiene carácter recalcitrante. Se menciona que algunas especies con este tipo de semillas poseen capacidad germinativa aún antes de que se produzca la maduración total del fruto (Chin 1988). Para confirmar este carácter aseverado por Brown (1995) se deshidrataron con sílica semillas de cuasia hasta 50, 30 y 10% de CH obteniendo porcentajes de germinación promedio de 2, 5 y 0% respectivamente, aunque los testigos de cada tratamiento también mostraron resultados bajos: 4, 6 y 3% en comparación con el testigo general inicial que poseía 65.14% de CH a la siembra y solo germinó en un 1% (Anexo 9C)

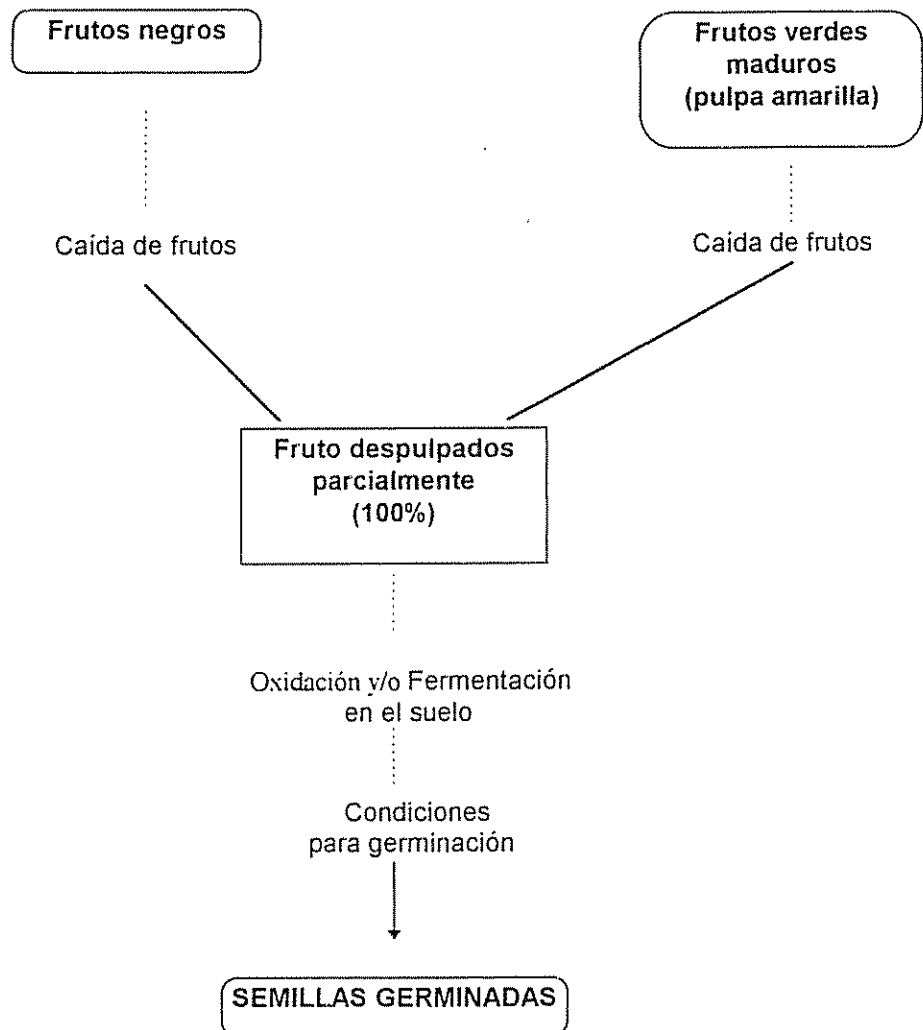


Figura 15. Proceso de germinación en bosque de semillas de *Q. amara* en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

A consecuencia de estos resultados, se examinaron las semillas no germinadas, las que se encontraron con los cotiledones y embrión en putrefacción, muerte que probablemente se produjo a causa de la deshidratación. Los resultados de nuevas siembras con semillas verdes deshidratadas al aire no mejoraron significativamente la situación (Anexo 9C), pero sí permitieron confirmar que la pérdida de humedad no es uniforme, y se requeriría construir curvas de deshidratación en los diferentes estados de madurez. Loomis *et al* (1966) indican que el grado de sensibilidad a la deshidratación varía con cada especie y muchas veces varía de un lote a otro de semilla, esto se refleja en el alto coeficiente de variación del contenido de humedad. En muchas especies tropicales las semillas poseen altas concentraciones de compuestos fenólicos, los que pueden ser liberados al dañarse las membranas que los contienen provocando la pérdida de actividad enzimática. Las semillas de cuasia difícilmente germinan cuando su contenido de humedad es menor al 30%.

#### 4.4.3 Heterogeneidad del material

A consecuencia de la falta de uniformidad en la germinación de las semillas, se aplicaron técnicas que permitiesen uniformar el material, basados en un mayor número de etapas de "cuarteo", técnicas de flotación en agua (Trujillo, 1995) y separación por el color de la pulpa sin haber obtenido un resultado que modifique los altos coeficientes de variación en los contenidos de humedad y en la germinación. Estos variaron desde 33% hasta 200% sin embargo, se pudo disminuir este coeficiente a entre 9 y 24% sometiendo los frutos recién cosechados a ligera fermentación por 2 a 3 días a temperatura ambiente, y seleccionando aquellos que se oxidaron tomando el color negro. Chin (1984) indica que las semillas recalcitrantes caen del árbol con alto contenido de humedad usualmente después de una limitada maduración. Esta podría ser una causa por la que aparentemente las semillas de cuasia efectúan una postmaduración en la que cambia de color.

#### 4.4.4 Influencia de la iluminación

El análisis de varianza de los resultados de germinación para semillas procedentes de plantas madre bajo condiciones de alta iluminación (mayor a 3.0) y sombreadas (menor a 2.0), aplicada a los frutos verdes, mostró con una probabilidad de error de 0.468 que no existen diferencias significativas. El promedio de germinación de semillas de áreas con iluminación fue de 17.5% y para las sombreadas de 15.0%, por lo que se considera conveniente utilizar como principal fuente de semillas las procedentes de áreas iluminadas que son producidas en mayor cantidad que en las áreas sombreadas.

Las pruebas establecidas para determinar si la iluminación influye en la capacidad germinativa evidenciaron que al margen de una marcada escasez en áreas sombreadas (Anexo 5B) las semillas tienen igual capacidad germinativa. Sin embargo, la dificultad en la uniformización por medios físicos, y bajos porcentajes de germinación en laboratorio indujeron a buscar las mejores condiciones para la germinación.

#### 4.4.5 Los tratamientos pregerminativos

Las observaciones de bosque sobre el proceso de germinación natural permitieron establecer la presencia, en 93% de los casos, de una hormiga sobre los árboles de cuasia la misma que se ocupaba de despulpar los frutos negros en el punto de unión con el receptáculo, provocando su caída. La identificación de la hormiga se efectuó en la Estación Biológica de la Selva, por personal del proyecto ALAS (Longuino 1995), como *Solenopsis picea*. Esta hormiga como otras de su género han sido generalmente asociadas a funciones como depredadores en el bosque (Risch *et al* 1986). Esta y otras observaciones como el despulpado de las semillas colectadas del piso, permitieron encontrar el mejor procesamiento de las semillas para las pruebas de germinación. Siendo cuasia una especie con principios activos no es de extrañar que la pulpa contenga sustancias inhibitorias de la germinación (Trujillo 1995) la que en condiciones naturales es probablemente removida por la hormiga. Sin embargo, a veces estos principios activos son los que por oxidación del pericarpio en condiciones naturales probablemente producen el cambio de color del fruto (Robbins *et al* 1981).



En base a las observaciones sobre la germinación natural y para evitar la incidencia de hongos que fue del orden del 83% de las primeras pruebas, se aplicaron varios tratamientos pregerminativos a frutos negros y verdes, que permitieron subir el promedio de germinación del 15 al 75%. Una comparación entre los tratamientos seleccionados con porcentaje de germinación mayor al 60% permitió establecer que el despulpado en general incrementa dicho porcentaje y existen diferencias significativas entre los tipos de tratamientos con un 0.06 de probabilidad de error. El promedio más alto fue de 85% para el despulpado parcial manual (con escalpelo), seguido por el despulpado parcial por limpieza luego de 3 días de fermentación al ambiente; en comparación con despulpado con zaranda y agua, y semillas despulpadas colectadas debajo de los árboles. Los promedios para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Germinación de semillas de *Q. amara* con tratamientos pregerminativos

TRATAMIENTO	Porcentaje germinación	Contenido de humedad
Despulpado parcial manual	85.00	35.2
Despulpado parcial con fermentación	81.98	24.9
Despulpado parcial con zaranda	73.00	31.1
Despulpado natural (colecta del suelo)	61.00	23.0
Testigo sin despulpar	40.60	53.0

Estos resultados permitieron establecer que el proceso más práctico para la germinación de semillas de cuasia en laboratorio, sea a partir de frutos negros o verdes, es el que más similitud guarda con el que se produce en el bosque. El mantenimiento de los frutos verdes recién cosechados, bajo condiciones de temperatura ambiente por dos a tres días, produce un rápido cambio de color a negro, este cambio se produce en 95% de los frutos cosechados y que además se desprenden fácilmente del apocarpio y muestran una pulpa amarillo oscuro, a diferencia de los que se mantienen verdes que aparte de resistirse a ser separados poseen pulpa amarillo claro. El despulpado elimina la

incidencia de hongos, y/o probable inhibición de metabolitos secundarios manteniendo solamente un sector de la pulpa que impide la pérdida muy acelerada de humedad. El esquema del proceso se presenta en la figura 16.

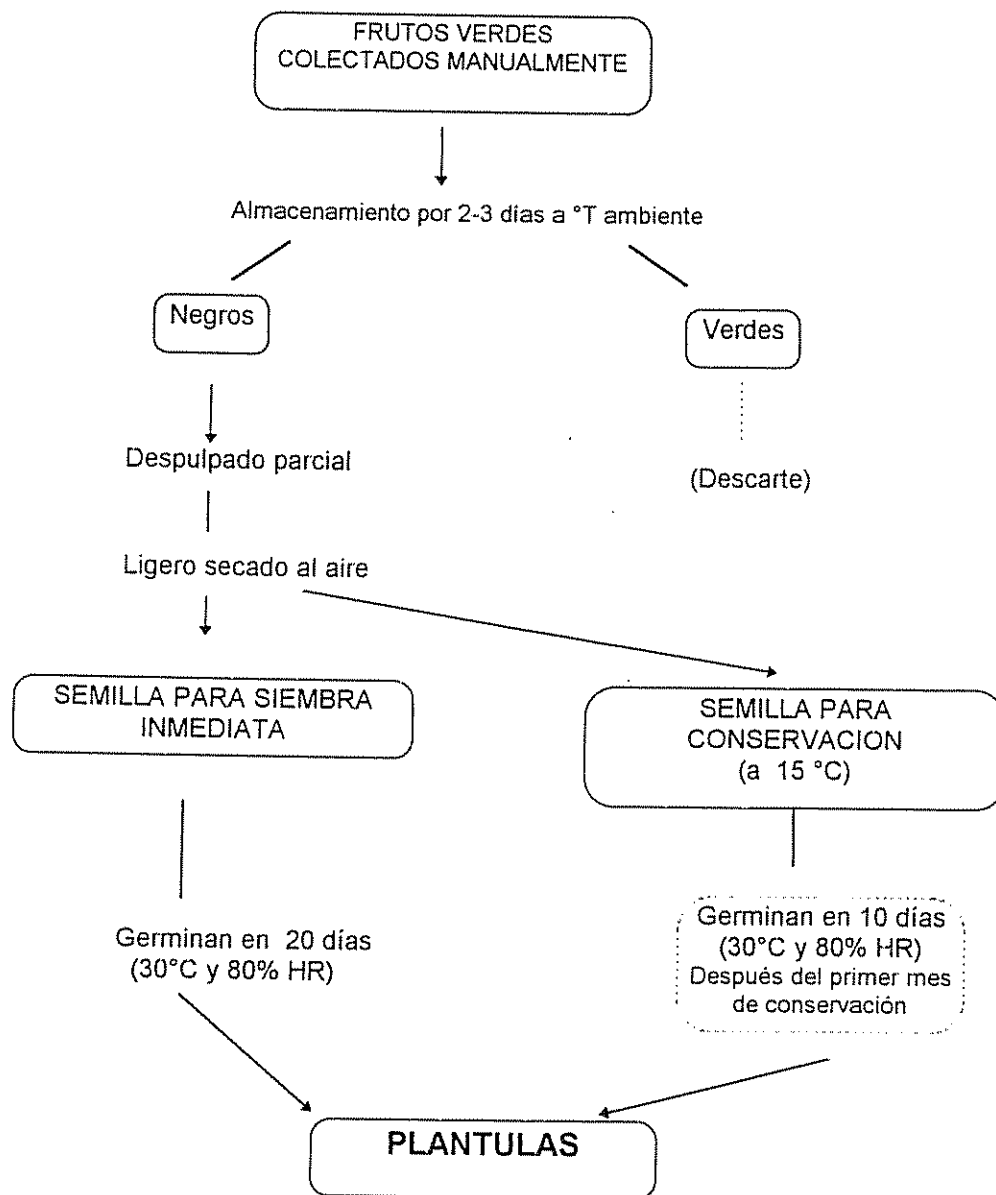


Figura 16. Procesamiento en laboratorio de frutos verdes de *Q. amara* colectados en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

Una parte del material parcialmente despulpado, fue conservado a 15°C en oscuridad, durante tres meses, habiéndose efectuado siembras de evaluación cada mes. Los resultados mostraron descenso notorios de la germinación: 47.2% y 58.3% en el primer y segundo mes, y 46.9% en el tercero y las plántulas emergieron en menos tiempo que en las siembras anteriores. El inicio de etapas de pregerminación aún en almacenamiento es una de las características de las semillas recalcitrantes difíciles de controlar (Chin 1984) y las semillas en conservación germinaron a los 10 días en promedio en comparación con 15 a 20 de las otras siembras.

La conservación de semillas de cuasia parcialmente despulpadas, sean cosechadas negras o verdes, pueden conservarse a 15°C hasta por tres meses pero presentan graduales descensos del porcentaje de germinación. Esta posibilidad, del punto de vista silvicultural podría ser útil en caso de programar siembras en el bosque, y tuviesen que esperarse condiciones de clima favorables o para su transporte, ya que permiten mantener una cierta viabilidad aunque por lapsos no muy largos de tiempo.

#### 4.5 Evaluación de la germinación en bosque

Una de las principales razones por las que se programó esta prueba fue la de establecer si las semillas de cuasia tenían algún tipo de limitación a nivel de capacidad germinativa y comparar los resultados con los obtenidos en laboratorio. Ocampo *et al* (1995) mencionan la presencia de regeneración bajo la copa de individuos con buena exposición a la luz, Ling (1995), Villalobos (1995) y Cifuentes (1996) resaltan la distribución en aglomerados de la especie y Marmillod *et al* (1995) formularon la estrategia de formación de conos de regeneración como parte del plan de manejo con fines de aprovechamiento. Las observaciones *in situ* mostraron la presencia de grupos de plantas de diferentes tamaños, tanto bajo la copa de individuos como en sitios alejados de ella, por lo que se planteó esta primera fase de evaluación de la germinación en bosque.

#### 4.5.1 La Población inicial

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la población inicial de la parcelas de regeneración, no presentaron diferencias para la tres condiciones de iluminación, con una probabilidad de error de 0.87, el cual se presenta en el cuadro 11. Estos resultados indican que en las parcelas bajo la copa de las plantas madre, la regeneración no es diferente en las tres diferentes condiciones de iluminación. Si la producción de frutos es favorecida por la exposición a la luz de las plantas reproductivamente activas, podía esperarse una diferencia notoria a nivel de las áreas con mayor iluminación, pero la existencia de plantas en varios tamaños indica probablemente el efecto de la competencia entre individuos de la misma generación y en consecuencia el efecto de un autoraleo, además de la competencia con la madre. Siendo una población natural, la diferenciación de nichos se evidencia por el crecimiento dentro de espacios restringidos en cantidad de recursos disponibles como es el caso de las áreas sombreadas. Begon *et al* (1996) hace referencia a este tipo de interacción como un requerimiento compartido entre individuos. En el caso presente, la existencia de plántulas en el área experimental solamente indican que no tendría que haber limitaciones de substrato al menos para la etapa inicial de germinación.

Cuadro 11. Análisis de varianza de la regeneración inicial en parcelas de germinación de *Q. amara* en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F <sub>calc.</sub>	F <sub>t<sub>0.05</sub></sub>
Iluminación	2	11.033	5.516	0.14 ns	3.15
Error	57	2327.950	40.841		
Total	59	2338.983			

ns No significativo

El promedio más alto fue para las parcelas con iluminación mayor a 2.5 con 4.5 plántulas por parcela y el menor para las parcelas con iluminación menor a 2.5; con 3.5 plántulas por parcela. Resaltó además un alto coeficiente de variación de 159.1%.

#### 4.5.2 La nueva población y los sobrevivientes

La población nueva fue evaluada no solo por su condición de iluminación, también por la aplicación de un tratamiento de deshierbe al suelo para facilitar la incorporación de semillas al suelo. El análisis de varianza mostró con un 81 % de seguridad no había diferencias debidas a la iluminación ni al tratamiento de deshierbe. A pesar de ello las parcelas de menor iluminación tuvieron un promedio de 16.45 plántulas germinadas y las de mayor iluminación solo 6.75 plántulas. En el cuadro 12 se presenta el análisis de varianza de la población nueva.

Cuadro 12. Análisis de varianza de semillas emergidas en parcelas de germinación de *Q. amara* en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F <sub>calc.</sub>	F <sub>t<sub>0.05</sub></sub>
Modelo	5	2102.95	420.59	1.53 ns	2.38
Error	54	14878.30	275.52		
Total	59	16981.25			

La variación entre parcelas fue alta, y el hecho de que no pudiesen establecerse diferencias estadísticamente significativas no implica que no hubiesen posibilidades de seleccionar condiciones favorables en base a los promedios. No se descarta que se hayan producido desplazamientos de las semillas pese a haberse seleccionado lugares planos, ya que las cantidades de frutos que cayeron dentro del área de proyección de copa fueron apreciables (Anexo 10A). Se debe tomar en cuenta que las áreas de mayor exposición a la luz están relacionadas con zonas de alta intervención, invadidas por gramíneas muy competitivas y con altas posibilidades de resecamiento de las semillas si no cuentan con protección de la radiación directa. Las áreas de menor iluminación tuvieron condiciones de humedad estables sin déficit, un substrato con hojarasca de cobertura, y en general sin exposición directa a los rayos del sol lo que puede haber favorecido la germinación. Sin embargo se debe tomar en cuenta que se menciona una notoria mayor densidad de población en pie de monte (Ling 1995), lo que puede ser consecuencia de movimiento de las semillas debido a su forma y arrastre por causa del agua. Con fines de desarrollo de

actividades de siembra en el bosque se esperarían mejores resultados de germinación en áreas sombreadas, hasta la emisión del primer par de hojas.

El análisis de varianza de la población sobreviviente no mostró diferencias debidas a las variables en estudio, con una seguridad del 30%. El más alto promedio de plántulas la tuvieron las parcelas con iluminación 2.5 con 9.0 plántulas, y el más bajo la iluminación mayor a 2.5 con 5.85 plántulas. Los resultados del análisis se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Análisis de varianza de la población sobreviviente en parcelas de germinación de *Q. amara* en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F <sub>calc.</sub>	F <sub>t<sub>0.05</sub></sub>
Modelo	5	319.53	63.90	0.60 ns	2.38
Error	54	5757.40	106.61		
Total	59	6076.93			

ns No significativo

La evaluación de los sobrevivientes se efectuó tres meses después del último recuento de germinación, es decir cuando las plantas ya poseían varios pares de hojas. En ese lapso de tiempo se produce un incremento de biomasa de las plantas nuevas, por lo que se produce competencia por recursos con la madre y las otras plántulas. La disminución de la población nueva evidencia mortalidad pero difícilmente podría establecerse la causa exacta, que no es propósito de esta investigación.

Es importante tomar en cuenta que durante la fase de germinación y desarrollo inicial, los factores más importantes son la humedad, temperatura y un buen balance gaseoso (Kozłowsky 1997) en el entendido que bajo estas condiciones se produce la actividad enzimática requerida para continuar con el desarrollo del embrión y que la emisión del primer par de hojas indica la autosuficiencia de la plántula. Etapas sucesivas requieren de las consideraciones mencionadas anteriormente en relación a la competencia con individuos de la misma especie y abundancia de recursos

Como en los dos anteriores análisis, el coeficiente de variación fue alto: 131.25% ; motivo por el que se efectuó un levantamiento de factores externos imperantes para cada parcela, como una forma de efectuar una aproximación a las causas probables de la alta variación y que impiden apreciar el efecto real de las condiciones de iluminación y el tratamiento del suelo. Se identificaron 7 tipos de factores y su presencia en las parcelas, los que se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Factores imperantes en las parcelas de germinación en Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

FACTOR	Presencia en parcelas (%)		
	total	solo	combinado
A Afectado por agua o posición topográfica	36.6	9.0	91.0
B Influencia de animales e intervención humana	30.0	0.0	100.0
C Presencia de hojarasca en el suelo	40.0	16.6	83.4
D Presencia de hierbas y arbustos hasta 2m de altura	40.0	8.3	91.7
E Presencia de dosel mayor a 15 m (> iluminación)	70.0	0.0	100.0
F Dosel bajo y vegetación periférica densa (protección)	36.6	0.0	100.0
G Presencia de insectos depredadores (sompopas)	3.3	100.0	0.0

El factor imperante más frecuente en las parcelas fue el de dosel mayor a 15 m, en 70% de ellas, y en todas las oportunidades estuvo en combinación con otros factores. De ellos, en 66.6% de los casos fue dominante la altura mayor a 15 m, y en los restantes hubo otras copas a menor altura. Este factor determina el tipo y magnitud de protección tanto del sol como de la lluvia. Un 40% de la parcelas tuvo hojarasca cubriendo el suelo, y presencia de hierbas y arbustos de hasta 2 m. Un 36.6% tuvo dosel bajo y vegetación periférica densa y de este porcentaje el 36.3% corresponde sólo a esta altura de dosel y el restante 63.64% tuvo también dosel alto. Efectos del agua y escorrentía se detectó en 36.6% de los casos, de éstos en 9% de las oportunidades estuvo como factor único, y el resto combinado con otros. La presencia de insectos depredadores se constató en 3.3% de las parcelas.

El estudio de la germinación en el bosque estableció que la germinación natural se produce bajo todas las condiciones de iluminación, y no es estadísticamente demostrable que sea particularmente favorecida por el tratamiento del sustrato. A pesar de que la cantidad final de plantas fue incrementada en todos los casos, no hubo diferencias significativas entre ellos. Tomando en cuenta que una de las bases de práctica de campo establece que una forma de favorecer la germinación consiste en la preparación de un buen sustrato (Hartmann, 1990) y con la seguridad de que existen diferencias significativas en la producción total de frutos para los individuos seleccionados, debieran existir factores que determinen una alta variabilidad al punto de no poder detectar las diferencias. Se requiere establecer una identificación más exacta de cada uno de ellos y medir la intensidad de su incidencia, antes de afirmar si realmente la iluminación de un área es determinante en la germinación de las semillas y la posterior sobrevivencia de las plántulas.

En la etapa post-germinación o desarrollo de las plántulas actúan otro tipo de factores debidos a la dinámica misma de la población como la competencia y de buscarse las mejores condiciones para esa etapa corresponde evaluar e identificar los factores individuales o combinados, relacionados con las condiciones de sitio favorables al desarrollo y que probablemente guarden relación con los mencionados en este estudio tales como la presencia de animales, la existencia de cobertura de hojarasca en el suelo, o un dosel alto con vegetación periférica de protección.



## 5. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo ha permitido establecer que:

1. El tamaño de un individuo de *Quassia amara*, aproximado mediante el diámetro a 30 cm del suelo ( $d_{03}$ ) incide sobre su capacidad reproductiva, incrementándola al aumentar el tamaño.
2. El nivel de exposición a la luz de un individuo con capacidad reproductiva incide sobre la magnitud de su floración y producción de frutos, no así sobre la fertilidad de las semillas. Esta relación no implica que la máxima iluminación sea favorable al óptimo de las dos actividades. En este estudio, la iluminación superior directa sobre 10 al 80% de la copa promueve a una mayor actividad reproductiva.
3. La ubicación topográfica de un arbusto de cuasia no incide sobre la magnitud de la floración, ni de la fructificación.
4. La calidad fisiológica de la semilla y su aptitud para la conservación varían en función del grado de madurez del fruto cosechado y el procesamiento postcosecha, no así debido a las condiciones de sitio de la planta madre.
5. El crecimiento estimado por el incremento en diámetro es afectado por las condiciones de sitio definidas por la iluminación, y por la posición topográfica dependiendo si el individuo es reproductivamente activo o inactivo. Para los individuos activos la iluminación creciente es favorable al igual que la ubicación topográfica plano en ladera. Para el desarrollo de los individuos inactivos la iluminación creciente favorece el incremento diamétrico. En cuanto al incremento en altura, éste es afectado por la iluminación, pero cuyo comportamiento difiere dependiendo también si el individuo ha iniciado actividad reproductiva. En la población natural es particularmente notoria la tendencia de los individuos que se encuentran en los extremos de la escala de iluminación

a abrir la copa con la inclinación de sus ramas, situación que es menos acentuada en plantaciones.

Con fines silviculturales se ha establecido que la actividad reproductiva en los individuos con los diámetros mayores puede ser incrementada por la apertura del dosel, aunque no es lo más conveniente una completa exposición a la luz. Los frutos producidos por estas plantas-madre puede germinar bajo la copa o pueden ser colectados y sembrados en áreas con suficiente humedad y protección en el substrato, pero las plántulas deben ser trasladadas luego de formar el primer par de hojas para favorecer su crecimiento. Los trabajos de colecta y siembra *in situ* pueden planificarse en función de la iniciación de la floración, la condición de iluminación de la planta y su tamaño. Los frutos pueden ser sometidos a tratamientos pregerminativos con fines de optimización de la germinación para la producción de plantas y/o para su conservación por periodos de duración máxima de tres meses.

Para el crecimiento de los individuos, se promueve la plantación y/o siembra en planos en ladera, lomos y cimas bajo buenas condiciones de iluminación.

## 6. LITERATURA CITADA

- ALENCAR DA CRUZ, J., DE ALMEIDA, R.A. y FERNANDES, N.P. 1979 Fenología de especies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9(1) : 163-198.
- AUBREVILLE, A. 1961. Étude écologique des principales formations végétales du Bresil. Centre Technique Forestier Tropical, France. 1961. pp 117-162
- AUGSPURGER, C.K. 1983. Phenology, flowering syncchony and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica* 15(4): 257-267 pp 257-267.
- BARRANTES, F.; J.A.; LIAO, A.; ROSALES, A. 1985 Atlas climatológico de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. San José, C.R.
- BEGON, M., HARPER, J.L. Y TOWNSEND, C. 1996. *Ecology*. Blackwell Science. 3rd. edition. London. pp 214-231
- BONNER, F.T. & VOZZO, J.A. 1990 Storing recalcitrant tropical forest tree seeds. memorias Seminario Taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales, Bogotá, Colombia. 1988. CONIF, Serie Documentación No. 18:139-142
- BORCHERT, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* 15(2): 81-89
- BORCHERT, R. 1980. Phenology and Ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. *Ecology*, 61(5), 1980. pp. 1065 - 1074.
- BOTOSSO, P.C. y VETTER, R.E. 1991. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazonia)
- BREITSPRECHER, A. y BETHEL, J.S. 1990. Stem-growth periodicity of trees in a tropical wet forest of Costa Rica. *Ecology*, 71(3), 1990 1156-1164.
- BROWN, N. 1995. The autecology and agroforestry potential of the Bitterwood tree *Quassia amara* L. ex Blom (Simaroubaceae). Ph. D. Thesis, Cornell University, New York. 250 p
- BUDOWSKI, G. 1994. La biodiversidad y el manejo de los recursos naturales. *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. CATIE, Turrialba, CR, 1994. Serie Técnica. Informe Técnico N° 267. pp 3-8
- CACERES, A.; JAUREGUI, E.; VILLALOBOS, R. 1995. Efecto de las condiciones ambientales de crecimiento en la actividad antimicrobiana de *Quassia amara* *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 97-99.

- CIFUENTES, M. 1996. Distribución espacial y potencial de aprovechamiento de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) en Rio San Juan, Nicaragua. Tesis Ing.For. Cartago, Costa Rica. 101 p.
- CLARK, D. A. y CLARK, D. B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs*, 62(3), 1992, pp. 315 - 344.
- COLLINET, J. y OCAMPO, R. 1990. Reconocimiento de algunos sistemas de suelos en la región costera del cantón de Talamanca (Costa Rica). OLAFO, 40 p.
- CROAT, T.B. 1978. Flora of Barro Colorado Island. Standford University Press, Standford, California. p 69.
- CHIN, H.F. 1988. Recalcitrant seeds. A status Report. International Board for Plant Genetics Resources, Rome. 3-38 p.
- DAUBENMIRE, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forests in North-Western Costa Rica. *Journal of Ecology*. vol. 60 (147 - 169).
- DUGAND, A. 1978. Sobre fenología el paisaje vegetal y sus mudanzas en el tiempo. *Cespedesia* supl. 2. (Colombia). vol. 7(25-26): 9-12.
- DURANTON, J. F. 1978. Etude phénologique de groupements herbeux en zone tropicale semi-aride. I. Methodologie. Paris. *Adansonia* ser. 2. 18(2): pp. 183 - 197
- EWUSIE, J. Y. 1992. Phenology in tropical Ecology. Ghana universities press, Accra, 1992. 109 p
- FALK, M. L. 1991. Estudio de la distribución y desarrollo de *Ryania speciosa* Vahl. var *panamensis* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. Reserva indígena Cocles, Talamanca, Limón, Costa Rica. Tesis M.Sc. Catie, Turrialba, CR. 146 p
- FINEGAN, B. 1996. Curso bases ecológicas para el manejo forestal sostenible. Cap 1. Catie, Turrialba, Costa Rica.
- FOURNIER O., L. A. y CHARPANTIER, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25(1): 45-48.
- FOURNIER O., L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4): 422-423.
- FRANZ, Ch. 1990. Problemi sulla coltivazioni di due importanti droghe che forniscono principi amari: *Cinchona* e *Genziana*. Convegno sulla coltivazioni delle piante aromatiche e medicinali, Trento, Italia. pp.79-93

- GARCIA, H. 1992. Flora Medicinal de Colombia. Botánica Médica II. 2da. edic. Tercer Mundo, Bogotá, Col. p 43 - 47
- GAUTIER, L. y SPICHIGER, R. 1986. Ritmos de reproducción en el estrato arbóreo del Arboretum Jenaro Herrera (provincia de Requena, departamento de Loreto, Perú). Contribución al estudio de la flora y de la vegetación de la Amazonía peruana. X. Candollea 41. pp 193-207.
- GENTRY, A. 1996. A field guide to the families of woody plants of northwest South America. Conservation International, Washington. Chicago press de. 1996. pp 783-787
- GENTRY, A.H. y EMMONS, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forests. Biotropica 19(3): 216-227
- HALLE, F., OLDEMAN, R.A.A., TOMLINSON, P.B. 1978. Tropical trees and forests. An architectural analysis. Springer-Verlag, Heilderberg. pp 1-73
- HARTMANN, H.T., KESTER, D. y DAVIES, F. 1990. Plant propagation: Principles and Practices. Prentice-Hall Inc. pp 158 - 168
- HUGUET DEL VILLAR, E. 1978. Definiciones; bases científicas y normas metodológicas de la fenología. *Cespedesia*, Supl. 2. (Colombia). vol. 7(25-26):7-8.
- HUTCHINSON, I.D. 1993. Técnicas silviculturales en bosques tropicales latifoliados. Curso internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales. Catie, Costa Rica. 30p.
- HUXLEY, P.A. y VAN ECK, W.A. 1974 Seasonal changes in growth and development of some woody perennials near Kampala, Uganda. *Journal of Ecology*. vol. 62 (1974). pp 579-592.
- IMN, 1992. Catastro de las series de brillo solar medidas en Costa Rica. MINAE, San José, Costa Rica, Marzo 1992.
- JARA, L. F. 1996. Biología de Semillas forestales. Catie-PROSEFOR, Turrialba, Costa Rica. 32 p.
- KENT, J. y AMMOUR, T. 1995. Análisis financiero y económico de *Quassia amara* como insecticida natural. In Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 120-127.
- KOZLOWSKI, T y PALLARDY, S. 1997. Growth control in woody plants. Physiological ecology Series. Academic press. London, 1997. 641 p.

- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. (GTZ) GmbH.- Rossdorf:TZ Verl. -Ges., 335 p.
- LEVEY, D.J. 1990. Habitat-dependent fruiting behaviour of an understory tree, *Miconia centrodesma*, and tropical treefall gaps as keystone habitats for frugivores in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* (1990) 6:409-420
- LING, F., VILLALOBOS, R., MARMILLOD, D. y ROBLES, G. 1996. Aprovechamiento de productos no maderables del bosque: área demostrativa de Talamanca. *In* Silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales-Curso intensivo internacional. Catie, Costa Rica. pp 49-73
- LING, F. 1995. Estudio Ecológico de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi, Costa Rica. *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 56-67.
- LONGUINO, J.T. Guía de montaje e identificación de hormigas de "La Selva", Sarapiquí, Prov. Heredia, Costa Rica.
- LOOMIS, W. D. y BATTAILE, J. 1966 Plant phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. *Phytochemistry*, 5: 423-438
- MARMILLOD, D. 1982. Methodik und ergebnisse von untersuchungen über zusammensetzung und auflau eines Terrassenwaldes im Peruanischen amazonien. Göttingen 1982.
- MARMILLOD, D., CHANG, Y., BEDOYA, R. 1995. Plan de aprovechamiento sostenible de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi. *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 68-90
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION. 1991. Manual para evaluación de plántulas en análisis de germinación. I.N.S.P.V. Madrid. 125 p.
- NEWSTROM, L.E. y FRANKIE, G.W. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141-159.
- OCAMPO, R., DIAZ, M., BARRANTES, J. C., SOLANO, G. 1995. Métodos de reproducción de *Quassia amara*. *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 48-53
- OCAMPO, R. 1995. Metodología para evaluar un recurso natural inexplorado: *Quassia amara* como biocida natural *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 149-155

- OCAMPO, R. y SOLANO, R. 1992. Propagación vegetativa de hombre grande (*Quassia amara* L.) por medio de pseudoestacas. Informe de trabajo. Proyecto para el desarrollo sostenible en América Central. CATIE. 3p.
- OLDEMAN, R. 1974. L'Architecture de la forêt Guyanaise. Paris, Office de la Recherche Scientifique et technique Outre-mer. Mémoires ORSTOM No. 73. 1974. 204 p.
- PECK, R.B. 1993. Experiencias silviculturales con especies nativas, parte e los sistemas de producción sostenible, en la baja de la Amazonía ecuatoriana. Actas de la V Reunión Internacional de Silvicultura y Desarrollo sostenible en America Latina. IUFRO-CIAT, Colombia. pp.73-81
- PORTER, D. 1972. Simaroubaceae. In Flora de Panamá Missouri Botanical Garden 60: 23 - 39.
- POVEDA, L. 1995. Taxonomía de *Quassia amara* y su distribución en el Neotrópico. In Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 11- 13
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. y REAL, P. 1997. Mensura Forestal. GTZ, IICA, San José, Costa Rica. pp 430-465
- PUTZ, F.E., y APPANAH, S. 1987. Buried seeds, newly dispersed seeds, and the dynamics of a lowland forest in Malaysia. Biotropica 19(4): 326-333
- PUTZ, F.E. 1994. Approaches to sustainable forest management. CIFOR. Working paper No. 4. Indonesia. 7p.
- RISCH, S.J. y CARROLL, C.R. 1986. Effects of seed predation by a tropical ant on competition among weeds. Ecology, 67(5): 1319-27
- ROARK, R.C. 1947. Some promising insecticidal plants. Econ. Botany 1: 437 - 445
- ROBBINS, A.M.J., IRIMEICU, M.I. y CALDERON, R. 1981. Recolección de semillas forestales. Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Miscelánea 2. pp 8-12.
- ROBERTS, E.H. 1973. Predicting storage life. Seed Sci. Technol., 1: 499-514
- ROUBIK, D., HOLBROOK, M. y PARRA, G. 1985. Roles of nectar robbers in reproduction of the tropical treelet *Quassia amara* (Smaroubaceae)
- SANCHEZ-VINDAS, P. y POVEDA, L. s/f. Claves dendrológicas para la identificación de los principales árboles y palmas de la región Norte y Atlántica de Costa Rica. INISEFOR - Universidad Nacional. s/f. 51p.
- \*SAN ROMAN, L. 1982. Observaciones fenológicas en un bosque secundario premontano muy húmedo en Turrialba, Costa Rica.

- STANDLEY, P. 1937. Flora of Costa Rica. Part II. Botanical Series. Field Museum of Natural History, Chicago. pp 572-573
- STOLL-WEIKERSHEIM, G. 1989. Protección natural de cultivos en las zonas tropicales. Margraf, 1989 (Tropical Agroecology; Vol 1). pp 106 - 108
- STUHRMANN, M., BERGMANN, C. y ZECH, W. 1994. Mineral nutrition, soil factors and growth rates of *Gmelina arborea* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 135-145.
- THOMPSON, K. 1981. The measurement and meaning of reproductive effort in plants. *Am Nat.* 1981. vol.117. pp 205-211.
- TRUJILLO, E. 1995. Curso Nacional de recolección y procesamiento de semillas forestales. Guatemala, abril 1995. Dirección general de Bosques y Vida silvestre-PROSEFOR.
- VILLALOBOS, R. 1995a. Distribución natural de *Quassia amara* en Costa Rica. In Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 14 -47.
- VILLALOBOS, R. 1995b. Distribución de *Quassia amara* L. ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Catie. 174 p.
- WANG, Y., ZHANG, S., BURDETTE, M., y CRAKER, L. 1993. Seed germination in herbs. The herb, spice, and medicinal plant digest. Univ. of Massachusetts, EUA. vol.11, n. 4 (winter 1993). pp. 1-5
- WELDEN, CH.W., HEWETT, S.W., HUBBELL, S.P. y FOSTER, R.B. 1991. Sapling survival, growth, and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. *Ecology*. 72(1). pp. 35-50.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees. *IAWA Journal*, vol. 16 (4), 1995: 337-351.



A N E X O S

## ANEXO 1A

### Codificación de Posición topográfica

Cima	<i>cim</i>
Ladera	<i>lad</i>
Plano en ladera	<i>pla</i>
Lomo	<i>lom</i>

### Codificación de Descripción de caracteres fenológicos

Brotadura	- Sin brotes	- 0	
	- Con brotes	- Inicial	<i>ini</i>
		- Regular	<i>reg</i>
		- General	<i>gen</i>
Floración	- Sin flores	- 0	
	- Con flores	- En botón	<i>bot</i>
		- Abiertas	<i>abi</i>
		- Maduras	<i>mad1</i>
Fructificación	- Sin frutos	- 0	
	- Con frutos	- Pequeños	<i>peq</i>
		- Verdes	<i>ver</i>
		- Maduros	<i>mad2</i>
		- Secos	<i>sccos</i>

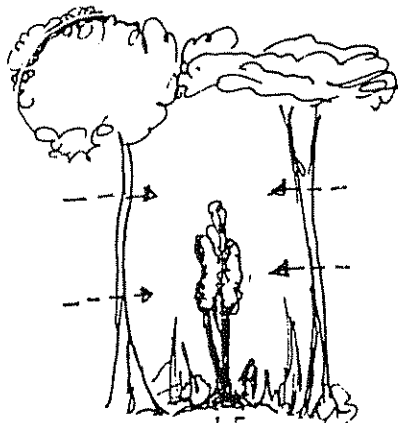
ANEXO 2A  
CATEGORIAS DE ILUMINACION

Sin luz directa



1.0

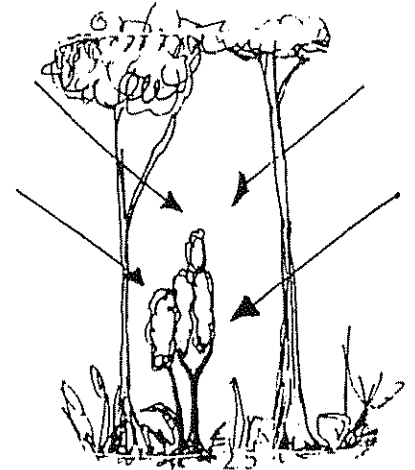
Luz lateral



1.5

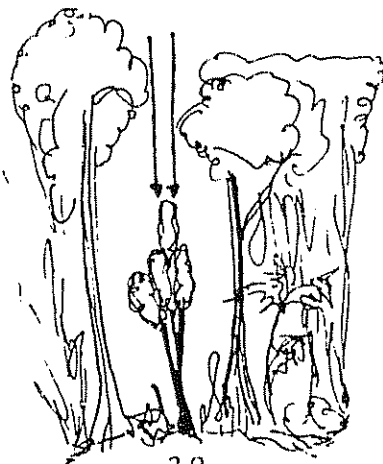


2.0

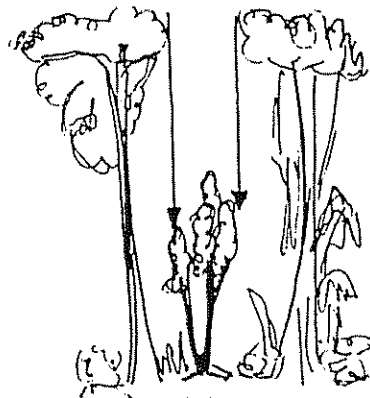


2.5

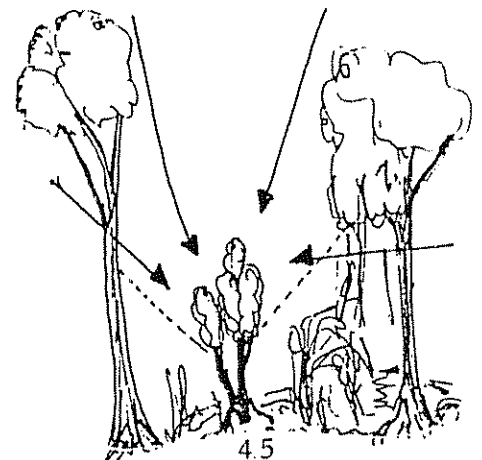
Iluminación superior



3.0



4.0

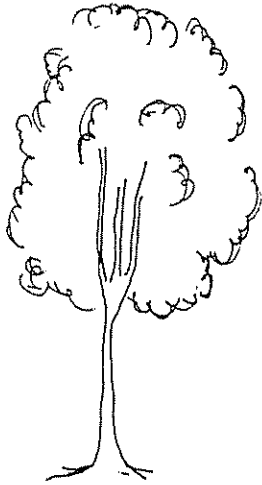


4.5

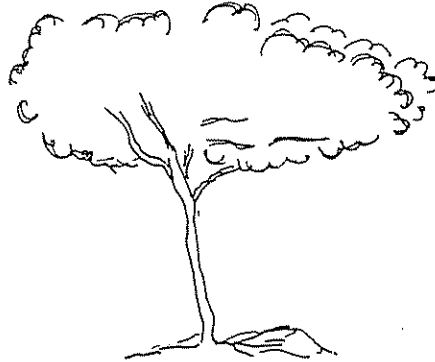
Basado en Clark y Clark (1992)

ANEXO 3A

DESCRIPCION DE FORMA DE COPA



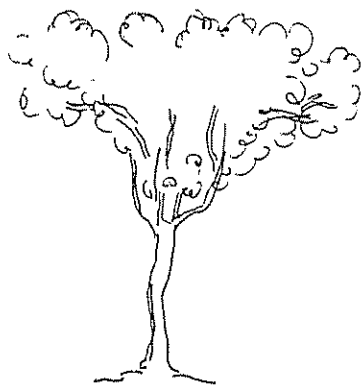
Redonda



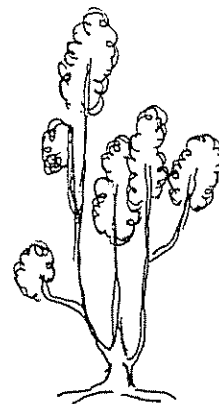
Elíptica



Cilíndrica



Triángulo Invertido



Agrupada

# ANEXO 4A

## FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS FENOLOGICOS

CATIE/OLAFO, FENOLOGIA QUASSIA AMARA  
 KEKOLDI, BAJA TALAMANCA, COSTA RICA

HOJA

INDIVIDUO		UBICACION				
TOPOGRAFIA						
ILUMINACION						
E #	fecha	características fenológicas				observaciones
		brotadura	floración	fructificación	semillas	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

## ANEXO 4B

### FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS DASOMETRICOS

INDIVIDUO	TOPOGRAFIA	ILUMINACION
-----------	------------	-------------

fenología inicial fecha
----------------------------

iluminación fecha	fecha	fecha
----------------------	-------	-------

EVALUACION INICIAL				fecha
eje	d0.3 (1/10 mm)	h tot (dm)	h base copa (dm)	copa
1				follaje proc1 (dm) proc2 (dm)
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

EVALUACION FINAL				fecha
eje	d0.3 (1/10 mm)	h tot (dm)	h base copa (dm)	copa
1				follaje proc1 (dm) proc2 (dm)
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

observaciones
---------------

## ANEXO 5A

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI PRODUCCIÓN DE INFLORESCENCIAS Y FLORES Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría de Iluminación	Número de Inflorescencias *	Grupo Duncan	Número de Flores **	Grupo Duncan
3.0	98.93	A	1112.1	A
4.5	79.21	A	973.9	A
4.0	72.02	AB	927.0	AB
2.0	44.47	CB	556.1	CB
2.5	36.37	C	476.4	C
1.5	18.53	C	201.9	C
1.0	14.73	C	159.2	C

\* Prob. >F 0.0025

\*\* Prob. >F 0.0022

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Número de Inflorescencias *	Grupo Duncan	Número de Flores **	Grupo Duncan
4	117.11	A	1427.8	A
3	42.70	B	508.0	B
2	16.29	C	198.1	BC
1	4.85	C	46.2	C

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

## ANEXO 5B

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI PRODUCCIÓN DE INFRUTESCENCIAS Y FRUTOS Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría de Iluminación	Número de Infrutescencias *	Grupo Duncan	Número de Frutos **	Grupo Duncan
3.0	37.07	A	134.9	A
4.0	26.44	B	98.3	AB
4.5	26.05	B	105.8	AB
2.0	19.42	B	71.9	CB
2.5	16.68	BC	72.5	CB
1.5	7.75	DC	25.9	CD
1.0	5.66	D	21.7	D

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0007

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Número de Infrutescencias *	Grupo Duncan	Número de Frutos **	Grupo Duncan
4	42.63	A	161.8	A
3	17.92	B	71.9	B
2	7.53	C	26.2	C
1	1.77	C	4.8	C

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001



## ANEXO 5C

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI DURACION DE ACTIVIDAD REPRODUCTIVA EN DIAS Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría de Iluminación	Días de Floración *	Grupo Duncan	Días de Fructificación **	Grupo Duncan
3.0	92.9	A	109.6	A
4.0	85.7	AB	94.5	A
4.5	75.5	CB	93.2	A
2.5	71.1	C	93.2	A
2.0	66.7	CD	92.3	A
1.5	57.1	D	61.2	B
1.0	43.7	E	53.6	B

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Días de Floración *	Grupo Duncan	Días de Fructificación **	Grupo Duncan
4	93.0	A	116.1	A
3	75.6	B	90.4	B
2	59.5	C	72.8	C
1	43.1	D	43.3	D

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

## ANEXO 5D

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI DURACION DE ACTIVIDAD REPRODUCTIVA TOTAL EN DIAS Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría de Iluminación	Días de Actividad *	Grupo Duncan
3.0	138.2	A
2.0	126.6	AB
2.5	123.1	AB
4.0	123.0	AB
4.5	115.0	CB
1.5	101.1	C
1.0	84.4	D

\* Prob. >F 0.0001

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Días de Actividad *	Grupo Duncan
4	140.8	A
3	123.9	B
2	106.1	C
1	77.2	D

\* Prob. >F 0.0001

## ANEXO 5E

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI INCREMENTO DIAMETRICO EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en 0.1 mm) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
4.0	38.7	A	4.5	41.4	A
3.0	37.3	A	4.0	35.8	A
4.5	35.3	A	3.0	23.6	B
2.5	21.8	B	2.5	23.5	B
2.0	12.4	BC	2.0	13.5	BC
1.5	7.4	C	1.5	10.1	C
1.0	5.0	C	1.0	3.9	C

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

#### TOPOGRAFIA EN ACTIVOS

Ubicación topográfica	Incremento en Activos *	Grupo Duncan
Plano en ladera	37.8	A
Cima	30.1	AB
Lomo	22.5	CB
Ladera	15.6	C

\* Prob. >F 0.0021

## ANEXO 5F

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI INCREMENTO EN ALTURA EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en 0.1 de metro) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
3.0	2.14	A	4.0	4.45	A
2.5	1.68	A	3.0	2.43	AB
4.0	0.82	A	2.5	2.36	AB
4.5	0.82	A	2.0	0.78	AB
1.5	0.22	A	4.5	0.04	AB
2.0	-0.03	A	1.5	-0.58	B
			1.0	-5.92	C

\* Prob. >F 0.0044

\*\* Prob. >F 0.0059

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Clase Diamétrica	INACTIVOS **	Grupo Duncan
1	2.27	A	1	1.75	A
2	1.50	AB	3	-0.44	A
3	1.09	AB	2	-1.66	A
4	0.22	B			

\* Prob. >F 0.0597

\*\* Prob. >F 0.0128

## ANEXO 6A

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI COEFICIENTE DE ESBELTEZ EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en %)

Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
1.0	104.5 <sup>(1)</sup>	A	2.0	109.6	A
1.5	83.3	B	4.0	106.9	A
2.0	83.1	B	3.0	106.3	A
2.5	82.1	B	2.5	106.1	A
3.0	72.9	B	1.5	102.6	A
4.5	71.9	B	1.0	101.5	A
4.0	68.3	B	4.5	80.3	B

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.2874

(1) Descartado por ser un solo individuo

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Clase Diamétrica	INACTIVOS **	Grupo Duncan
1	111.5	A	1	114.3	A
2	93.1	B	2	89.8	B
3	74.7	C	3	73.4	C
4	55.7	D			

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0001

## ANEXO 6B

### POBLACION NATURAL DE KEKOLDI AREA DE PROYECCION DE COPA (en decímetros cuadrados) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	Area (dm <sup>2</sup> ) *	Grupo Duncan
3.0	874.46	A
4.0	785.50	A
2.0	711.36	AB
1.5	569.90	CB
4.5	565.32	CB
2.5	555.31	CB
1.0	518.32	C

\* Prob. >F 0.0008

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Area (dm <sup>2</sup> ) *	Grupo Duncan
3	845.52	A
4	500.84	B

\* Prob. >F 0.0001

## ANEXO 7A

### PARCELAS PERMANENTES INCREMENTO DIAMETRICO EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en 0.1 de milímetro) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
2.5	69.9	A	4.5	73.5 (1)	A
1.5	63.0 (1)	A	3.0	48.5	AB
3.0	62.9	A	2.5	38.9	CB
2.0	45.9	A	2.0	36.4	CB
			1.5	19.6	CB
			1.0	11.5 (1)	C

\* Prob. >F 0.0008

\*\* Prob. >F 0.0109

(1) Descartado por ser un solo individuo

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	ACTIVOS	Grupo Duncan	Clase Diamétrica	INACTIVOS	Grupo Duncan
3	70.1	A	2	43.3	A
4	67.4	A	4	31.1 (1)	A
2	50.6	AB	3	29.5	A
5	31.7	B	1	28.1	A
			5	12.5 (1)	A

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.0289

(1) Descartado por ser un solo individuo

## ANEXO 7B

### PARCELAS PERMANENTES PRODUCCION DE INFLORESCENCIAS EN INDIVIDUOS ACTIVOS Número promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	Número de inflorescencias *	Grupo Duncan
2.5	16.06	A
3.0	11.93	A
2.0	3.36	A
1.5	3.00 <sup>(1)</sup>	A

\* Prob. >F 0.3769

(1) Descartado por ser un solo individuo

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	Número de inflorescencias*	Grupo Duncan
4	27.85	A
3	13.58	AB
5	5.50	B
2	2.93	B

\* Prob. >F 0.6292



## ANEXO 7C

### PARCELAS PERMANENTES INCREMENTO EN ALTURA EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en 0.01 de metro) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
2.5	56.57	A	3.0	67.39	A
3.0	42.00	A	2.5	53.13	A
1.5	40.00 <sup>(1)</sup>	A	2.0	45.78	A
2.0	29.59	A	4.5	41.00 <sup>(1)</sup>	A
			1.5	31.78	A
			1.0	17.00 <sup>(1)</sup>	A

\* Prob. >F 0.3405

\*\* Prob. >F 0.0112

(1) Descartado por ser un solo individuo

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Clase Diamétrica	INACTIVOS **	Grupo Duncan
2	55.36	A	2	50.04	A
3	53.19	A	1	44.91	A
4	41.65	AB	3	35.38	A
5	11.50	B	4	25.00 <sup>(1)</sup>	A
			5	8.00 <sup>(1)</sup>	A

\* Prob. >F 0.2542

\*\* Prob. >F 0.1189

(1) Descartado por ser un solo individuo

## ANEXO 7D

### PARCELAS PERMANENTES COEFICIENTES DE ESBELTEZ EN INDIVIDUOS ACTIVOS E INACTIVOS (en %) Promedio por individuo

#### ILUMINACIÓN

Categoría Iluminación	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Categoría Iluminación	INACTIVOS **	Grupo Duncan
1.5	119.1 <sup>(1)</sup>	A	2.5	141.7	A
3.0	93.9	AB	2.0	130.5	A
2.0	90.5	B	1.0	125.0 <sup>(1)</sup>	A
2.5	88.6	B	1.5	124.3	A
			3.0	113.8	A
			4.5	55.8 <sup>(1)</sup>	A

\* Prob. >F 0.1117

\*\* Prob. >F 0.8173

(1) Descartado por ser un solo individuo

#### TAMAÑO

Clase Diamétrica	ACTIVOS *	Grupo Duncan	Clase Diamétrica	INACTIVOS **	Grupo Duncan
2.0	114.6	A	2	140.2	A
3.0	88.9	AB	3	129.1	A
4.0	74.6	B	1	126.1	A
5.0	51.6	B	5	83.6 <sup>(1)</sup>	A
			4	65.7 <sup>(1)</sup>	A

\* Prob. >F 0.0001

\*\* Prob. >F 0.8343

(1) Descartado por ser un solo individuo

ANEXO 8A  
PARCELAS PERMANENTES  
RESULTADOS DE EVALUACIONES INDIVIDUALES

1. RESERVA INDIGENA DE KEKOLDI

Parcela 9 - Cuasia bajo cacao

La primera parcela analizada corresponde a una plantación de 6.75 años, perteneciente al Sr. Fidelio Figueroa, con un área de 1104 m<sup>2</sup> de loma plana bajo un cacaotal rehabilitado y originalmente 49 plantas procedentes de semilla. Actualmente las plantas pertenecen a cuatro clases diamétricas: La primera menor a 200 décimas de milímetro, la segunda entre 200 y 350, la tercera entre 351 y 500, y la cuarta entre 501 y 650 décimas de milímetro; bajo cuatro categorías de iluminación: 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0

Los resultados de la evaluación de fenología reproductiva mostraron que existen 38 individuos de los cuales 2 no tuvieron actividad. El diámetro mayor, así como las dos categorías más iluminadas presentaron la mayor actividad en producción de flores. Las diferencias establecidas por el modelo fueron altamente significativas para la iluminación, la clase diamétrica y su interacción. El promedio de la parcela fue de 6.73 inflorescencias producidas por individuo.

El análisis de varianza para el incremento diamétrico validó también el modelo con un 99.99% de seguridad en el que la iluminación fue el mayor componente; la prueba de Duncan aplicada mostró a la categoría de iluminación 2.5 y clases diamétricas mayores con los promedios más altos: entre 51.2 y 75.8 décimas de milímetro. El promedio de la parcela fue de 52.0 décimas de milímetro para el incremento en diámetro.

El modelo fue validado con un 2% de probabilidad de error en su aplicación al incremento en altura, cuya variable de significación fue la iluminación donde la categoría 2.5 presento un incremento promedio de 69.2 cm, siendo el menor la categoría 3.0 con 21.5

cm. El incremento promedio de la parcela fue de 48.4 cm. El coeficiente de esbeltez promedio fue de 113.9

### **Parcela 1 - Cuasia en Bosque Natural**

La segunda parcela fue instalada en el año 1995 en medio de bosque natural sobre un área de 1812 m<sup>2</sup> y es de topografía plana combinada con ladera de pendientes mayores a 60 grados donde existían 54 individuos originalmente. Los árboles sobrevivientes son 53, se encuentran bajo cinco categorías de iluminación y pertenecen a cinco clases diamétricas.

El análisis de varianza efectuado presentó una alta significación para el modelo formulado, donde el mayor componente constituye la iluminación con un 99.99% de seguridad y el diámetro con 0.0001 de probabilidades de error, las plantas de las categorías de iluminación 1.0 y 1.5 no florecieron, perteneciendo además a la clase diamétrica menor.

El análisis de producción de inflorescencias dio por promedio de la parcela 0.26 inflorescencias por planta. La iluminación y la clase diamétrica tuvieron alta significación en la determinación de las diferencias estadísticas. En cuanto al incremento diamétrico, éstos fueron tan bajos que la aplicación del análisis de varianza mostró que no había significación en la aplicación del modelo, aún cuando quienes más crecieron fueron los arbolitos con mayor luz y mayor clase diamétrica; el promedio de la parcela fue de 18.28 décimas de milímetro.

El modelo planteado aplicado al crecimiento en altura mostró que es válido con un 96.13% de seguridad, donde la variable de significación estadística fue la iluminación con un 98% de seguridad. El promedio mayor de incremento estuvo entre 22.0 y 23.0 cm para la iluminación 2.5 y clase diamétrica 3, y el menor entre 6.8 y 10.3 cm en la iluminación 1.5 y clase diamétrica 5. El promedio de la parcela fue de 17.1 cm. El coeficiente de esbeltez promedio fue de 104.2

Esta es la parcela que mayores similitudes tiene con el dispositivo fenológico ya que ambas se encuentran en población natural. Por ello es claramente notorio que pese a disponer de algunos individuos bajo iluminación alta, el promedio de la parcela es de 2.0, los incrementos fueron casi indetectables a causa de la variación.

## **2. SAN RAFAEL DE BORDÓN**

### **Parcela 8 - Cuasia bajo cacao**

La primera plantación de la localidad de San Rafael corresponde a la del Sr. Julio Lobo que fue establecida en el año 1992 sobre una superficie plana bajo plantación de cacao, colindante con un arroyo. Tiene una superficie de 760 m<sup>2</sup> donde originalmente se plantaron 49 plantas de semilla. Actualmente tiene 5.25 años de edad y hasta el momento ninguna planta floreció. Las plantas estuvieron bajo las categorías de iluminación 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0; y las dos clases diamétricas más bajas: de 200 a 350 décimas de milímetro y la menor a 200.

La aplicación del modelo al análisis del incremento diamétrico mostró validéz del mismo con un 99.73% de seguridad, variación que se atribuye a la iluminación con un 0.0812 de probabilidades de error. El promedio de incremento diamétrico fue de 29.13 décimas de milímetro. El crecimiento en altura estuvo también significativamente diferenciado por la iluminación, con un 97% de seguridad y el promedio de la parcela estuvo en los 54.2 cm. El coeficiente de esbeltez promedio de la parcela fue de 126.2; lo cual implica que pese a su edad se encuentra en estado de crecimiento activo o edad juvenil. Cabe resaltar que la parcela se encuentra bajo cacao, y la proximidad del arroyo hacen suponer que el nivel freático debe estar muy alto; se producen periódicamente desbordes que han causado en varios casos la pérdida de plantas.

### **Parcela 7 - Cuasia en claro de bosque**

La segunda parcela de esta localidad pertenece al Sr. Elías Villarreal y fue plantada con 48 plantas de semilla en el año 1992 sobre una superficie de 289 m<sup>2</sup> de ladera, en un claro de bosque producido por aprovechamiento de madera. Tiene 5.16 años de edad, y

los 43 individuos remanentes se encuentran bajo tres categorías de iluminación y pertenecen a tres clases diamétricas. La parcela recibió atención en cuanto a los deshierbes periódicos.

El análisis de varianza aplicado a la producción de inflorescencias, incremento diamétrico e incremento en altura, de acuerdo al modelo planteado, no detectó diferencias estadísticamente significativas en función a ninguna de las dos variables en estudio. El promedio de producción de inflorescencias fue de 18.93, el promedio de incremento diamétrico fue de 70.28 décimas de milímetro y el promedio de incremento en altura fue de 50.1 cm. El coeficiente de esbeltez promedio fue de 78.1

Por lo expuesto, esta parcela tiene una gran uniformidad, y si bien no son detectables diferencias, no significa que la parcela no esté desarrollando satisfactoriamente por el contrario sus promedios de crecimiento son altos.

### **3. SAN MIGUEL DE SIXAOLA**

#### **Parcela 4 - Cuasia entre forestales 1**

La primera parcela de la localidad se estableció en terreno del Sr. José Luis Zúñiga el año 1992, sobre una superficie plana de 391 m<sup>2</sup>, con 36 arbolitos de semilla; intercalados en una plantación de varias especies forestales, tiene 5 años de edad y los 34 sobrevivientes se encuentran bajo 4 categorías de iluminación y pertenecen a tres clases diamétricas.

La aplicación del modelo propuesto determinó su validéz con 99.99% de seguridad, y la variable iluminación produjo diferencias estadísticas altamente significativas, en la producción de inflorescencias, con una probabilidad de error del 0.02%. El 76% de los individuos con actividad reproductiva pertenecen a la clase diamétrica de 200 a 350 décimas de milímetro y categoría de iluminación 2.0. El promedio de producción de inflorescencias por individuo fue de 0.91

El incremento en diámetro fue homogéneo del punta de vista estadístico, no se detectaron diferencias que pudiesen atribuirse a ninguna de las dos variables en estudio, y el promedio de parcela fue de 53.22 décimas de milímetro. Para el incremento en altura el modelo mostró validéz con un 92.29% de seguridad, atribuyéndose a la variable clase diamétrica el mayor componente, con 0.0134 de probabilidad de error. El promedio de la parcela en incremento de altura fue de 47.9 cm. El coeficiente de esbeltez promedio fue de 117.9

Esta parcela posee algunas características que la diferencian en relación al resto, existe por temporadas vegetación densa y tiene encima un dosel bajo, tiene mucha luminosidad difusa que no es detectable a nivel de aplicación de escala de iluminación.

#### **Parcela 5 - Cuasia bajo anonillo a pleno sol**

La segunda parcela de la localidad de San Miguel de Sixaola pertenece a la Asociación de Desarrollo ASACODES, la que fue establecida con 49 plantas procedentes de semilla, en una ladera de 412 m<sup>2</sup>, bajo e intercalada con árboles de anonillo en desarrollo. La parcela ha recibido atención en cuanto a limpieza periódica (chapeos), tiene 5.08 años , todos los individuos tuvieron actividad reproductiva, y los 48 individuos actuales pertenecen a dos clases diamétricas: de 200 a 350 décimas de milímetro y de 351 a 500 décimas de mm; bajo tres categorías de iluminación: 2.0; 2.5 y 3.0

Efectuado el análisis de varianza se detectó una alta significación del modelo formulado con un 99.81% de seguridad. En la producción de inflorescencias, la clase diamétrica fue su principal componente de variación, con una probabilidad de error del 0.0106 El promedio de la parcela fue de 3.50 inflorescencias por individuo.

El incremento en diámetro también fue significativamente influenciado por la clase diamétrica con una probabilidad de error del 0.79% El promedio de incremento de la parcela fue de 61.86 décimas de milímetro. Sin embargo, no se detectó que el modelo se aplicara al incremento en altura, en el que el promedio de parcela fue de 59.9 cm. El coeficiente de esbeltez fue de 108.9

Este es un segundo caso de uniformidad de parcela y material vegetal, de buen crecimiento en comparación a las otras, aunque la producción de flores sea deficiente por que no es la variable mayor interés. Por el tipo de dosel recibe grandes cantidades de luz y tiene escasa protección contra lluvias fuertes que son las que producen caída de flores antes de la fructificación, ahorrándole por consiguiente energía que no sea para su crecimiento.

#### **Parcela 6 - Cuasia bajo almendrillo a pleno sol**

La tercera parcela fue instalada también en propiedad de ASACODES en 1992, sobre una ladera de 418 m<sup>2</sup> y con 40 plantas obtenidas por acodo que fueron plantadas intercaladas con una plantación de almendrillo. Las plantas tienen 5.08 años de edad, se han diferenciado en tres clases diamétricas y están distribuidas en 3 categorías de iluminación.

El análisis de varianza aplicado bajo el modelo propuesto no permitió establecer significación estadística alguna. Tanto la producción de inflorescencias como los incrementos en diámetro y altura no fueron afectados por las variables en estudio. El promedio de producción de inflorescencias fue de 9.79, el incremento diamétrico fue de 90.81 décimas de milímetro y el incremento en altura fue de 38.99 cm. El coeficiente de esbeltez fue de 48.9

Esta parcela tiene características particulares, por la diferencia en el material de siembra (plantas de acodo), cuyo crecimiento es dominante en las ramificaciones laterales lo que resulta en una copa totalmente abierta. Esto produjo el marginamiento de la parcela con fines de análisis global

#### **Parcela 3 - Cuasia bajo anonillo a media sombra**

La cuarta parcela se estableció en 1993 en terrenos de ASACODES, sobre 438 m<sup>2</sup> de un plano en ladera, con 49 plantas de semilla intercaladas en el centro de hileras de anonillo que desarrolla a media sombra. Las plantas sobrevivientes son 46, tienen 4.41



años, pertenecen a las dos clases diamétricas menores; y el 91% de ellas pertenecen a las categorías de iluminación 1.5; 2.0 y 2.5 Ninguna presentó actividad reproductiva

El modelo propuesto para el análisis de varianza es aplicable con un 98.54% de seguridad, y la iluminación tiene efectos estadísticamente significativos sobre el incremento diamétrico, con una probabilidad de error de 0.008. El promedio de incremento de la parcela fue de 32.79 décimas de milímetro. En cambio el incremento en altura no fue significativamente afectado por ninguna de las variables, el promedio de la parcela fue de 52.40 cm El coeficiente de esbeltez fue de 126.2

La parcela se encuentra en crecimiento, con escasa penetración de luz, aunque aparentemente el promedio no lo indica así. Se debe tomar en cuenta que todos son individuos muy pequeños con un solo eje y copa muy reducida, por lo que un rayo de luz puede ser que la cubra en su integridad, sesgando la interpretación de la escala de iluminación.

#### **Parcela 2 - Cuasia entre forestales 2**

La quinta parcela se estableció en 1993 en terrenos de propiedad del Sr. Zúñiga al lado de la primera, se plantaron 33 plantas de pseudoestacas en una superficie de 267 m<sup>2</sup> intercalada entre varias especies forestales; actualmente tienen 4.25 años de edad , ninguna tuvo actividad reproductiva, pertenecen a las dos clases diamétricas menores y se encuentran bajo tres categorías de iluminación: 1.5; 2.0 y 2.5

El análisis de varianza basado en el modelo propuesto no permitió detectar ningún efecto estadísticamente significativo, tanto en el incremento en diámetro como en altura. El incremento promedio de la parcela fue de 51.61 décimas de milímetro para el diámetro y 61.8 cm en altura. El coeficiente de esbeltez fue de 112.3.

El crecimiento es uniforme y los promedios se encuentran entre los más altos. En esta parcela se notan las mismas característica que en la primera: abundante luz difusa.

## ANEXO 9A

### CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS VERDES Y NEGROS

MEDIDA	Frutos negros			Frutos verdes		
	prom	desv	cv	prom	desv	cv
Largo en mm	29.94	6.3	21.0	34.12	5.2	15.3
Ancho en mm	16.74	8.0	48.1	34.12	5.2	15.4
Grosor en mm	10.62	1.0	10.1	13.02	2.2	17.1
Peso c/ apocarpio en g	2.51	1.0	40.9	5.35	1.2	23.0
Núm. semillas/fruto	1.94	0.9	48.2	4.00	0.7	19.0
Peso c/ apocarpio en g	1.54	0.6	43.7	3.92	0.9	23.4

### CARACTERIZACIÓN DE SEMILLAS NEGRAS Y VERDES

MEDIDA	Semillas negras			Semillas verdes		
	prom	desv	cv	prom	desv	cv
Largo en mm	16.89	1.6	9.6	17.25	1.3	7.5
Ancho en mm	10.67	0.6	6.2	11.18	0.6	5.5
Grosor en mm	9.86	0.3	3.4	10.41	0.5	5.4
Peso en g	0.80	0.1	16.7	0.96	0.1	13.5

## ANEXO 9B

### GERMINACION DE SEMILLAS VERDES, NEGRAS Y ROJAS ( en porcentaje)

COLOR	Germinación promedio (%)	C.V.	Contenido de humedad (%)
Semillas verdes	2.0	115.4	71.8
Semillas rojas	0.0	0.0	79.8
Semillas negras	18.0	38.4	43.3

## ANEXO 9C

### DESHIDRATACION CON SILICA DE SEMILLAS VERDES DE *Quassia amara*

Resultados en porcentaje de germinación

TRATAMIENTO	Germinación promedio (%)	C.V.	Contenido de humedad (%)
Testigo general	1.00	200.0	65.14
Trat. 50%	2.00	200.0	52.83
Testigo de 50%	4.00	81.6	58.35
Trat. 30%	5.00	100.6	32.05
Testigo de 30%	6.00	86.0	58.65
Trat. 10%	0.00	0.0	20.90 *
Testigo de 10%	3.00	66.6	58.75

\* Se ajustó a 10% por fórmula.

### DESHIDRATACION NATURAL DE SEMILLAS DE *Quassia amara*

TRATAMIENTO	Germinación promedio (%)	C.V.	Contenido de humedad (%)
Testigo	1.00	200.00	48.0
Trat. 25%	10.00	69.28	25.0
Trat. 30%	4.00	141.42	32.5
Trat. 13%	11.00	18.18	13.2

## ANEXO 10A

### PRODUCCION DE INFRUTESCENCIAS EN PARCELAS DE GERMINACION DE *Quassia amara* EN KEKOLDI

I L U M I N A C I O N					
Mayor a 2.5		Igual a 2.5		Menor a 2.5	
No. planta	Cant. frutos	No. planta	Cant. frutos	No. planta	Cant. frutos
153	50	41	15	202	23
254	124	186	7	201	9
260	90	291	44	69	25
261	84	298	45	387	19
266	84	300	41	263	84
270	104	303	35	345	15
306	21	271	26	337	11
309	57	369	3	53	28
294	35	319	14	275	17
330	50	301	15	85	37
Promedio	69.9	Promedio	24.5	Promedio	26.8

PROMEDIO DE FRUTOS VERDES POR INFRUTESCENCIA EN INDIVIDUOS CON:

Iluminación mayor a 2.5 = 6 frutos/infrutescencia

Iluminación igual a 2.5 = 5 frutos/infrutescencia

Iluminación menor a 2.5 = 3 frutos/infrutescencia

Total frutos verdes producidos

Iluminación mayor a 2.5 = 419.4 frutos verdes

Iluminación igual a 2.5 = 122.5 frutos verdes

Iluminación menor a 2.5 = 80.4 frutos verdes